

# A. todo riesgo

Convivir con los desastres  
geológicos cotidianos

en Segovia



MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



Instituto Geológico  
y Minero de España

**A TODO RIESGO.  
CONVIVIR CON LOS DESASTRES  
GEOLÓGICOS COTIDIANOS EN  
SEGOVIA**

A. Díez-Herrero  
E. García Peirotn  
C. Martín Moreno  
N. Sacristán Arroyo  
M. F. Vicente Rodado

**INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA**  
Madrid 2021

Serie: RIESGOS GEOLÓGICOS Y GEOTECNIA, Nº 7.

Autores: Andrés Díez-Herrero, Ernesto García Peirotén, Cristina Martín Moreno, Nuria Sacristán Arroyo y M<sup>a</sup> Fuencisla Vicente Rodado

A TODO RIESGO. Convivir con los desastres geológicos cotidianos en Segovia / Instituto Geológico y Minero de España. Área de Riesgos Geológicos; Díez-Herrero, A., García Peirotén, E., Martín Moreno, C., Sacristán Arroyo, N., Vicente Rodado, M. F.  
Madrid: Instituto Geológico y Minero de España (IGME, CSIC), 2021

128 pgs; 126 figs; 29 cm  
(Otras publicaciones)  
ISBN 978-84-9138-115-0

1. Riesgos geológicos 2. Educación en el riesgo. 3. Segovia.  
I. Instituto Geológico y Minero de España. II. Díez-Herrero, A. III. García Peirotén, E. IV. Martín Moreno, C. V. Sacristán Arroyo, N. VI. Vicente Rodado, M.F.

550.34, 551.2, 551.3, 551.4, 556, 626, 627, 911.2

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluido fotografías, grabación o por cualquier sistema de almacenar información sin el previo permiso escrito del autor y editor.

Realización y composición: Instituto Geológico y Minero de España (IGME, CSIC)  
Diseño Portada: Emilio Pascual GAETE, para Talher.

---

© INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23 – 28003 Madrid  
Tel.: 91 3495700. Fax: 91 4426216

Web: <http://www.igme.es>

Laboratorios: c/ La Calera, 1. 28760 Tres Cantos (Madrid)  
Tel.: 91 8032200. Fax: 91 8032200

ISBN: 978-84-9138-115-0  
NIPO: 836-21-010-3

# ÍNDICE

	<b>Páginas</b>
<b>1. ASPECTOS INTRODUCTORIOS</b>	<b>1</b>
Los desastres naturales y su clasificación .....	1
Impacto socioeconómico de los desastres naturales .....	3
El análisis y la mitigación de los riesgos y desastres naturales .....	5
La educación en el riesgo como medida preventiva de desastres naturales .....	7
El porqué de este libro .....	10
<b>2. RIESGOS DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO</b>	<b>12</b>
Los riesgos asociados a movimientos de ladera en Segovia .....	13
Procesos de sufusión en el entorno de la ciudad .....	15
<b>3. EL RIESGO POR AVENIDAS E INUNDACIONES</b>	<b>16</b>
Avenidas e inundaciones en el entorno de Segovia .....	17
Inundaciones históricas del río Eresma y sus consecuencias .....	17
<b>4. RIESGOS SÍSMICOS</b>	<b>20</b>
Terremotos históricos en Segovia .....	20
Terremotos recientes con epicentro en la provincia de Segovia .....	26

<b>5. A TODO RIESGO. CONVIVIR CON LOS DESASTRES GEOLÓGICOS COTIDIANOS EN SEGOVIA</b>	<b>31</b>
PARADA 0. Contexto geológico general de la ciudad de Segovia en la plaza del Azoguejo .....	34
PARADA 1. Desprendimientos históricos en la muralla de Segovia en el sector de San Juan .....	36
PARADA 2. Colapsos y hundimientos por sufusión en la Cuesta de Santa Lucía .....	41
PARADA 3. Inundaciones históricas del Eresma en el monasterio de Sta. María de los Huertos .....	45
PARADA 4. Deslizamiento rotacional complejo de la Huerta Grande .....	50
PARADA 5. Inundaciones históricas y recientes en la Real Casa de Moneda .....	51
PARADA 6. El desprendimiento de tierras de la Puerta de Santiago y su afección a la muralla .....	81
PARADA 7. Bloque deslizado del puente de San Marcos .....	82
PARADA 8. Inundaciones en el barrio de San Marcos y el tanque de tormentas .....	82
PARADA 9. Efectos de los terremotos históricos en Segovia en la iglesia de la Veracruz y la Catedral de Segovia .....	85
PARADA 10. Desprendimientos en Peñas Grajeras, consecuencias históricas y medidas estructurales .....	90
PARADA 11. Inundaciones en el Santuario de Nuestra Señora de la Fuencisla y la corta del meandro de S. Lázaro .....	95
PARADA 12. Desprendimientos de rocas en la Cuesta de los Hoyos y sistemas de contención .....	97
PARADA 13. Desprendimientos de rocas en el valle del Clamores y sistemas de corrección .....	100
PARADA 14. Inundaciones históricas del arroyo Clamores en Segovia ....	109
PARADA 15. Deslizamiento rotacional en la estación de ferrocarril de Segovia y movimientos de ladera en El Tejerín .....	114
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>120</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>128</b>

## 1. ASPECTOS INTRODUCTORIOS

Desde el origen de la humanidad, las comunidades han tenido que enfrentarse a los desastres naturales, como terremotos, inundaciones, sequías o plagas. Estos desastres han interferido notablemente en la dinámica social y económica de las mismas, hasta el punto de condicionar el devenir histórico de culturas y civilizaciones (Mesopotamia, Egipto, Micenas, Roma, entre otras muchas). Incluso para las sociedades contemporáneas, los desastres y catástrofes suponen hitos tan importantes en su trayectoria cultural y su progreso socioeconómico, que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) declaró el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (UNDRR 1990-1999), y posteriormente ha convocado sucesivas conferencias y suscrito diferentes Marcos de Acción para la Reducción de Desastres como Hyogo (2005-2015) o Sendai (2015-2030).

### Los desastres naturales y su clasificación

Aunque no existe una definición universalmente aceptada del concepto de 'desastre natural', ya que diversos autores introducen matices y características diferentes, una de las descripciones más utilizadas es la dada por la Organización Mundial de la Salud (OMS): *"un desastre natural es un acto de la naturaleza de tal magnitud que crea una situación catastrófica en la que los patrones cotidianos de vida se ven interrumpidos repentinamente y las personas se ven sumidas en la impotencia y el sufrimiento y, como resultado, necesitan alimentos, ropa, refugio, atención médica y de enfermería y otras necesidades vitales, y protección contra factores y condiciones ambientales desfavorables"* (Assar, 1971).

Sin embargo, en las últimas décadas hay líneas de pensamiento que niegan la existencia de los desastres naturales en sentido estricto, porque postulan que son simples fenómenos naturales y necesarios; y que solo una visión antropocéntrica de los efectos de las interacciones con el ser humano hace concebirlas como hechos desastrosos. Dicho de otra manera, existen los peligros o amenazas naturales, pero su materialización como desastres depende de la gestión que el ser humano hace de ellos, por ejemplo, aumentando la exposición y vulnerabilidad ante dichas amenazas (Ras, 2017).

Se han propuesto diferentes clasificaciones de los desastres (o peligros) naturales según distintos criterios, que se pueden sintetizar en:

- *Según su origen en diferentes sistemas naturales:* terrestres vs extraterrestres (solares, cósmicos...); geóticos, o generados en la geosfera; atmosféricos y climáticos, o generados en la atmósfera; hídricos, o generados en la hidrosfera; bióticos, o generados en la biosfera.
- *Según las disciplinas científicas que se ocupan de su estudio:* geológicos, estudiados por la Geología; meteorológicos, estudiados por la Meteorología; hidrológicos, estudiados por la Hidrología; biológicos, estudiados por la Biología.
- *Según su ámbito espacial:* locales, comarcales, regionales, nacionales, estatales, federales, continentales, mundiales o globales y universales.
- *Según su duración temporal:* instantáneos, horarios, diarios, semanales, mensuales, estacionales, anuales, decenales, seculares...
- *Según su frecuencia o periodicidad:* ordinarios, frecuentes, ocasionales, extraordinarios, excepcionales...
- *Según el ámbito de la perturbación:* sociales, económicos, ambientales.
- *Según la magnitud de las perturbaciones:* evento, desastre, catástrofe, hecatombe, apocalipsis.

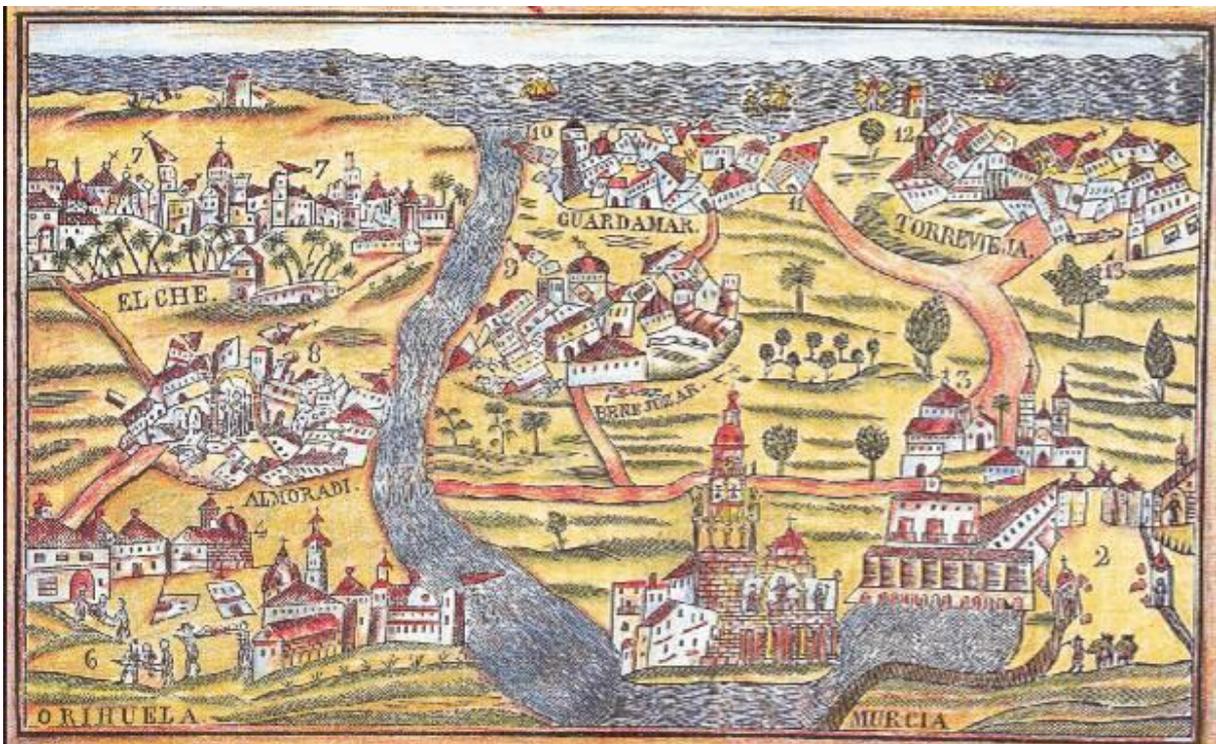


Figura 1. Terremoto de Torrevieja (Alicante) de 1829. Relacion sucinta de las desgracias, que han causado en Orihuela y pueblos de su huerta y campo, los terremotos de la tarde de 21 de marzo del corriente año 1829. Orihuela, imprenta de Berruezo, 11 de abril de 1829. Reimpreso en Barcelona por José Torner. Fuente: Javier Sánchez Portas (bibliófilo) en Canales Martínez (Dir., 1999).

A su vez, los riesgos naturales geológicos, se suelen dividir según el origen del proceso geológico potencialmente desencadenante del riesgo (Díez Herrero, 2008c):

- **Riesgos geológicos internos o endógenos**, con origen en el interior de la Tierra: volcánicos, sísmicos (terremotos y tsunamis; figura 1) y halocinesis.
- **Riesgos geológicos externos o exógenos**, con origen en la superficie terrestre o sus proximidades: movimientos de ladera, crecidas y avenidas, aludes de nieve, erosión de suelos, litorales y costeros, glaciares, periglaciares, entre otros.
- **Riesgos geológicos litológicos**, asociados no a un proceso, sino a la existencia de un determinado tipo de roca y/o mineral: kársticos, expansividad de arcillas, radiactividad natural y radón, minerales asbestiformes.
- **Riesgos geológicos inducidos**: subsidencias, colapsos, ignición de turbas, sufusión (*pipíng*).

## Impacto socioeconómico de los desastres naturales

No existen estadísticas globales de los desastres naturales que contengan todos los eventos históricos y con suficiente precisión espacial y temporal como para permitir análisis fidedignos de su evolución y comparaciones regionales. No obstante, entre las bases de datos de desastres, existe un acuerdo en que la más completa y útil es la Base de Datos de Eventos de Emergencia (*Emergency Events Database*; EM-DAT) gestionada por el Centro de Investigación sobre Epidemiología de los Desastres (*Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* - CRED) de la Escuela Pública de Salud, Bruselas, Bélgica. Para que un desastre sea registrado en EM-DAT, tiene que cumplir al menos uno de los siguientes criterios: 10 ó más personas muertas; 100 ó más personas afectadas; declaración del estado de emergencia; y/o haber demandado una llamada de ayuda o asistencia internacional.

En su informe de decenal (CRED, 2019; García *et al.*, 2021), recoge cómo entre 2008 y 2018, se registró una media anual de 346 desastres naturales, con 62.503 muertes por año, más de 187 millones de personas afectadas anualmente, y 163.600 millones de dólares americanos en pérdidas económicas al año en todo el mundo.

Las inundaciones son el desastre natural más frecuente a nivel mundial (con una media anual de 151 eventos) y afectan a un mayor número de personas que cualquier otro tipo de desastre a escala mundial (de media 69,6 millones de personas). Respecto al número de víctimas mortales, el desastre con mayor media son los terremotos, con 32.476 víctimas mortales; mientras que las mayores pérdidas económicas se producen por las tormentas y temporales, con 69.700 millones de dólares norteamericanos.

La situación de los desastres naturales en España tampoco dispone de estadísticas completas y fiables. Tan sólo pueden usarse como referencias parciales las derivadas de: a) la estadística de riesgos extraordinarios del Consorcio de Compensación de Seguros (CCS, 2019), que sólo afecta a determinados tipos de peligros (como inundaciones, tempestades ciclónicas atípicas, terremotos), y además daños directos sobre bienes asegurados; b) las estadísticas de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias (DGPCE, Ministerio del Interior), que tan sólo registra datos sociales y pocos económicos; c) los “perfiles ambientales” anuales de España, que publica el Ministerio de Medio Ambiente, Transición Ecológica o equivalente (Cachón de Mesa, 2019), que también recogen sólo datos parciales de los desastres naturales (p.e. sequía, incendios); d) los informes anuales de Agroseguro (AS, 2018); e) estudios concretos de análisis de series de datos (Ferrer *et al.*, 2004).

Según las estadísticas oficiales (DGPCE, 2016), el número de víctimas mortales por desastres naturales en España, en el periodo 1995-2015, fue de un total de 1215 personas, repartidas de la siguiente forma por tipología de desastre, en orden decreciente de víctimas: 329 por inundaciones (figuras 2 y 3), 258 por temporales marítimos, 178 por olas de calor, 147 por vientos fuertes, 132 por incendios forestales, 53 por aludes de nieve, 52 por rayos, 38 por movimientos de ladera (deslizamientos y similares), 23 por episodios de nieve y frío, y 9 por terremotos.

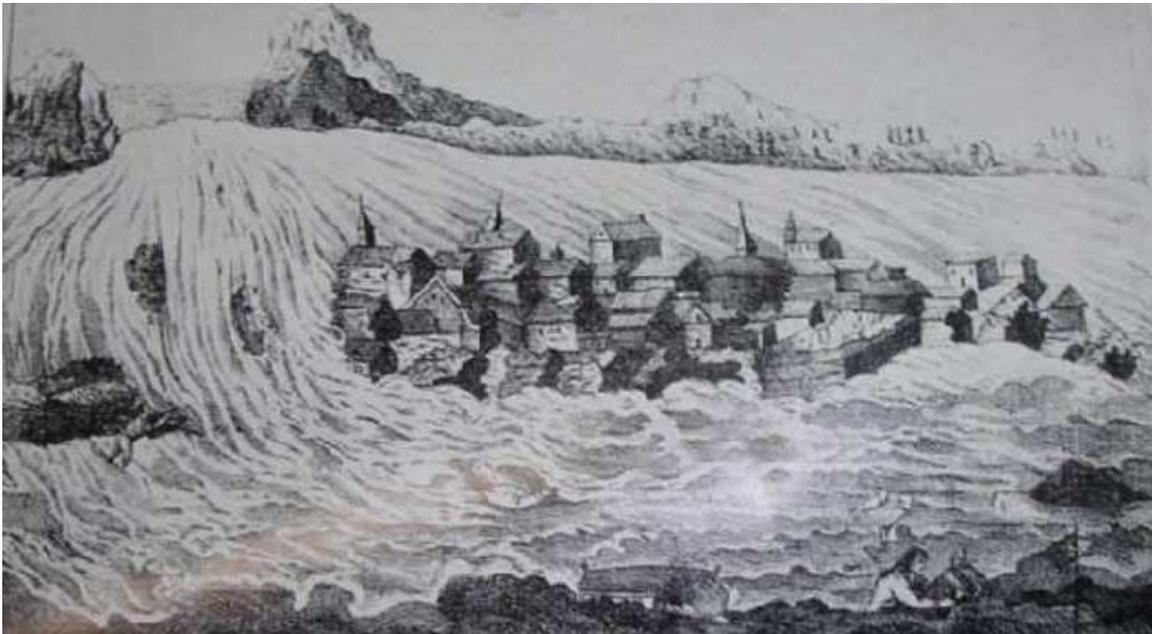


Figura 2. La rotura de la presa de Puentes (Lorca, Murcia) en 1802. Grabado con la vista de la inundación en el barrio de San Cristobal de Lorca, que produjo casi un millar de víctimas mortales. Fuente: Cosas de Lorca (2015).



- *Peligrosidad* (P), o capacidad del proceso natural de causar daño, bien por su magnitud (intensidad o severidad), dimensión espacio-temporal (área afectada y durante cuánto tiempo), y/o por su frecuencia de ocurrencia (periodicidad).
- *Exposición* (E), o bienes materiales o personas mostradas al peligro, o sea, susceptibles de verse afectadas por sus efectos; puede ser exposición social (personas) o económica (bienes materiales o vías de servicio).
- *Vulnerabilidad* (V), o fragilidad intrínseca de los bienes o personas expuestos, esto es, en qué grado pueden verse afectados por el peligro; también puede ser social o económica, y se mide en escalas de 0 a 1, de pérdida nula a total respectivamente.

Para que exista riesgo (R) tienen que converger las tres componentes simultáneamente, pues en cuanto no exista peligro, o no exista exposición, o no exista vulnerabilidad, el riesgo será nulo. Esto se expresa habitualmente mediante la denominada ecuación del riesgo, que en su versión simplificada es:

$$R = P \times E \times V$$

A su vez, la peligrosidad se estudia mediante ciencias y técnicas que analicen el proceso o fenómeno; en el caso de los riesgos geológicos, mediante Ciencias de la Tierra y otras disciplinas afines (Física, Química, Matemáticas, Hidrología, Hidráulica, Oceanografía). La exposición y vulnerabilidad se estudian desde las disciplinas de humanidades (Economía, Sociología, Psicología, Antropología), empleando bases de datos socio-económicas, como el censo, catastro, padrón y las cartografías asociadas.

Para evitar que las situaciones potenciales se consumen (el riesgo se transforme en desastre o catástrofe), o minimizar los efectos de los desastres, clásicamente se han adoptado tres grandes grupos de técnicas o medidas (Díez Herrero, 2008c):

- *Predictivas*: que buscan saber dónde y cuándo se va a desencadenar el desastre; serían, por ejemplo, las redes de alerta temprana con instrumental que detecta el inicio del fenómeno (radares meteorológicos, boyas oceanográficas, sismógrafos o acelerógrafos).
- *Preventivas*: que buscan detectar dónde se suele producir, y actuar allí sobre las componentes del riesgo; se suelen diferenciar entre estructurales o ingenieriles (construcción de obras o movimientos de tierras) y no estructurales (ordenación del territorio, protección civil, educación en el riesgo y sistemas de aseguramiento).
- *Correctoras* o post-desastre: que persiguen minimizar los efectos una vez que ha ocurrido el evento; comprenden las actuaciones de protección civil en emergencias y los sistemas de indemnizaciones y ayudas (declaración de zonas catastróficas).

## La educación en el riesgo como medida preventiva de desastres naturales

Entre todas las medidas de mitigación de los riesgos naturales, especialmente entre las de tipo preventivo, los diferentes organismos y expertos internacionales y nacionales destacan el papel de la educación en el riesgo, es decir, la formación para la mejora del conocimiento y la percepción en el riesgo, como la actuación más efectiva a corto, medio y largo plazo.

El propio Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (UNISDR, 2015), en la Resolución aprobada por la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas el 3 de junio de 2015, recoge el papel de la educación en el riesgo en varios de sus contenidos:

- Principios rectores, en su punto k) incluyen: “en la fase de recuperación, rehabilitación y reconstrucción después de los desastres, es fundamental prevenir nuevos desastres y reducir el riesgo de desastres mediante el principio de “reconstruir mejor” e incrementar la **educación** y la sensibilización públicas sobre el riesgo de desastres”.
- Prioridad 1: Comprender el riesgo de desastres. Niveles nacional y local:
  - “Impartir conocimientos a los funcionarios públicos a todos los niveles, la sociedad civil, las comunidades y los voluntarios, así como el sector privado, mediante el intercambio de experiencias, enseñanzas extraídas y buenas prácticas y mediante la capacitación y la **educación** sobre la reducción del riesgo de desastres, en particular usando los mecanismos existentes de capacitación y **educación** y de aprendizaje entre pares.
  - Promover la incorporación de los conocimientos sobre el riesgo de desastres, incluida la prevención, mitigación, preparación, respuesta, recuperación y rehabilitación en casos de desastre, en la **educación** académica y no académica, en la **educación** cívica a todos los niveles y en la **educación** y formación profesional.
  - Promover estrategias nacionales para reforzar la **educación** y sensibilización públicas sobre la reducción del riesgo de desastres, incluidos la información y los conocimientos sobre el riesgo de desastres, a través de campañas, las redes sociales y la movilización de las comunidades, teniendo en cuenta el público destinatario y sus necesidades.
  - Preparar campañas mundiales y regionales eficaces como instrumentos para la sensibilización y **educación** públicas, basándose en las ya existentes (por ejemplo, la iniciativa titulada “Un millón de escuelas y hospitales seguros”, la campaña “Desarrollando ciudades resilientes: mi ciudad se está preparando”, el Premio Sasakawa de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres y el Día Internacional para la Reducción

de los Desastres, celebrado anualmente), para promover una cultura de prevención de desastres, resiliencia y ciudadanía responsable, generar comprensión de los riesgos de desastres, apoyar el aprendizaje mutuo e intercambiar experiencias; y alentar a todos los actores públicos y privados a participar activamente en ese tipo de iniciativas y a crear otras nuevas a nivel local, nacional, regional y mundial.”

En el ámbito español, la Ley 17/2015 de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil, le asigna a la Escuela Nacional de Protección Civil (integrada en la Dirección General de Protección Civil y Emergencias del Ministerio del Interior), la formación especializada y de mandos de alto nivel del personal de Protección Civil de la Administración General del Estado y de otras entidades con las que se mantiene una vía de colaboración; pero normalmente sólo son alumnos de la Escuela los profesionales que estén desempeñando sus funciones en algún ámbito relacionado con protección civil en la Administración Pública. También a nivel estatal, pero para una tipología de desastre, los planes de gestión del riesgo de inundación (PGRI), desarrollados por la Dirección General del Agua y las diferentes demarcaciones hidrográficas tienen, entre sus principales objetivos para la reducción del riesgo por inundaciones, el aumento de la percepción social del mismo; cuestión que se consigue a través de planes de comunicación y campañas de educación en el riesgo.

Existen, desde hace décadas, numerosas iniciativas de educación en el riesgo, que van desde ambiciosas campañas y programas internacionales, como las organizadas por el *UNDRR's Global Education and Training Institute (GETI)*, a actividades locales promovidas por ayuntamientos, ONGs o asociaciones vecinales. La mayor parte de ellas están focalizadas en una única tipología de peligro (inundaciones, terremotos, desprendimientos...) que afecta a una comunidad concreta y además suele ir dirigida a un único tipo de público objetivo (como responsables de gestión, políticos, técnicos, población infantil...). Es el caso, por citar algunos ejemplos en nuestro país, de: los Cursos de Riesgos Geológicos, dirigidos al público general, que organizó el IGME-ITGE en las décadas de 1980-1990; el programa Venero-Claro Agua (figuras 4 y 5), para la educación en el riesgo de inundación de niñas y niños en campamentos de verano (Díez-Herrero *et al.*, 2020; Hernández *et al.*, 2020); las ‘escuelas de alcaldes’ promovidas por las autoridades de cuenca de las demarcaciones hidrográficas; los cursos de formación en riesgos para los técnicos municipales organizados por las Diputaciones provinciales (p.e., Granada); o los cursos programados por la Escuela Nacional de Protección Civil y diferentes escuelas autonómicas y locales; por citar algunas, de las que se excluye la formación académica reglada formal en niveles universitarios y de postgrado. Además, muchas de ellas son actividades educativas puntuales, que se realizan en una ocasión y no suelen tener continuidad en el tiempo, ni suficiente periodicidad como para garantizar su efectividad a medio o largo plazo.



Figura 4. Talleres infantiles de educación en el riesgo para preadolescentes, en los campamentos estivales de Venero Claro (Navaluenga, Ávila), promovidos por la Fundación Ávila (Díez-Herrero et al., 2020; Hernández et al., 2020).



Figura 5. Utilización del videojuego Minecraft para la educación en el riesgo de inundación mediante mundos que simulan el anegamiento de pistas polideportivas y mejorar los conocimientos de autoprotección de los jugadores (Díez-Herrero et al., 2020).

## El porqué de este libro

Dados los antecedentes explicados en este primer capítulo introductorio, ya desde 2007, se vió la idoneidad de realizar una actividad de educación en el riesgo y de divulgación científica enfocada en la explicación de distintos desastres geológicos 'cotidianos'. Para ello, se organizó la excursión didáctica titulada 'A todo riesgo. Convivir con los desastres geológicos cotidianos en Segovia', la cual se incluye en la Semana de la Ciencia. Esta experiencia destaca, a nivel nacional (e incluso internacional), por su temática multidesastre, su amplio espectro de público objetivo y su continuidad temporal, ya que se viene celebrando de forma continuada desde el año 2007 hasta la actualidad, habiéndose realizado más de una quincena de ediciones, con una excelente acogida por parte del casi millar de personas que han participado.

'A todo riesgo' consiste en una ruta guiada por especialistas en riesgos geológicos que, de forma altruista, realizan una interpretación científico-técnica en diferentes paradas del recorrido. La actividad está dirigida al público en general, si bien es cierto que muchos de los participantes son profesores y alumnos de todos los niveles educativos (desde infantil a la universidad); otros participantes son curiosos de la geología, de la cultura científica o familias dispuestas a conocer un poco más de la naturaleza segoviana.

En las últimas ediciones se realiza andando por lugares donde han ocurrido recientemente, o están teniendo lugar en la actualidad, desastres naturales de índole geológica (desprendimientos, deslizamientos, colapsos, inundaciones, terremotos...), y que han interferido o interactúan con las actividades humanas, lo que produce importantes pérdidas económicas, e incluso daños a la integridad de las personas. Además, a lo largo del recorrido se van observando e interpretando las huellas que quedan de estos desastres o que nos permiten vaticinar que ocurrirán en el futuro. También se analiza la frecuencia, magnitud y ocurrencia temporal de los desastres, cómo se predicen, previenen y corrigen, y qué podemos hacer para autoprotegernos frente a ellos.

La presente monografía es una recopilación, en formato de libro, de los contenidos de la excursión, combinando aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales. Además, aglutina los recursos didácticos y divulgativos (textuales y gráficos) generados durante más de una década y media, y parcialmente publicados en los diferentes guiones (extensos y abreviados) que se entregan a los asistentes a la actividad.

Este libro está organizado en cinco capítulos. En el capítulo 1, como el lector ya ha podido observar, se abordan aspectos introductorios sobre los riesgos geológicos, su clasificación, el impacto socioeconómico, el análisis y la mitigación de los mismos así como sobre la concienciación y educación en el riesgo como medida de prevención frente a los desastres naturales.

En los capítulos 2, 3 y 4 se explican cuestiones generales sobre los riesgos geológicos (movimientos del terreno, avenidas e inundaciones, terremotos), haciendo hincapié en algunas cuestiones específicas que afectan a la ciudad de Segovia.

Por último, el capítulo 5 está dedicado a la descripción de las paradas correspondiente a la ruta propuesta por el entorno de la ciudad de Segovia donde se pueden observar evidencias de los distintos riesgos geológicos.

## 2. RIESGOS DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO

Los movimientos del terreno incluyen, entre otros, los **movimientos de ladera**, también conocidos como procesos gravitacionales o movimientos en masa, que son un tipo de fenómenos geológicos ligados a la dinámica externa de la Tierra (geodinámica externa). Para que se produzcan esos movimientos, existen unos factores condicionantes, como la pendiente del terreno, el tipo de roca y su estado geomecánico (alteración, fracturación, cohesión), y la presencia de vegetación; y otros desencadenantes, como el contenido en agua (por precipitación o aportes subterráneos), la congelación del agua intersticial, o los movimientos sísmicos.

Existen diferentes clasificaciones y denominaciones de los fenómenos, según la forma del movimiento, su velocidad, los materiales implicados y el contacto con el sustrato estático, pero básicamente se pueden diferenciar cuatro grandes grupos (figura 6):

- **Caídas**, son los desprendimientos, vuelcos, desplomes y avalanchas.
- **Deslizamientos**, tanto traslacionales planares como rotacionales.
- **Flujos**, de derrubios, tierras, arena o barro.
- **Desplazamientos laterales** y **Reptación** (*creep*), lento movimiento de la parte superficial del suelo.

### TIPOS DE MOVIMIENTOS DE LADERA

Deslizamiento rotacional	
Deslizamiento traslacional	
Flujo	
Desprendimiento	
Vuelco	
Avalancha	
Desplazamiento lateral	

Figura 6. Clasificación general de los movimientos de ladera. Modificado y simplificado de González de Vallejo et al. (2002).

Por otro lado, puede considerarse también un riesgo asociado a movimientos del terreno el riesgo de colapsos y hundimientos provocados por un fenómeno denominado sufusión. La **sufusión** o el sifonamiento (*piping* en terminología anglosajona), consiste en un proceso de circulación subsuperficial (baja profundidad) del agua infiltrada dentro de la zona no saturada (vadosa), aprovechando la porosidad de rocas detríticas no cementadas y escasamente consolidadas. Dicha circulación puede favorecer la formación de túneles y galerías bajo el suelo que pueden generar hundimientos del terreno (si el proceso es lento) o colapsos de cavidades (si el proceso es rápido).

### **Los riesgos asociados a movimientos de ladera en Segovia**

La ciudad de Segovia y su entorno muestran una gran variedad de ejemplos de interferencia entre procesos geológicos activos de tipo gravitacional (movimientos de ladera) y las actividades humanas (figura 7). En algunos casos, estos procesos han ocurrido sin influencia de la acción antrópica, y en otros, los fenómenos que se describirán han tenido como factor desencadenante la propia intervención ligada al crecimiento urbano (construcciones, infraestructuras).

La variedad de procesos gravitacionales activos en este entorno se debe a la singular posición de la ciudad de Segovia, asentada en la zona de contacto entre el piedemonte norte de la Sierra de Guadarrama (de naturaleza ígnea y metamórfica, con granitoides y distintos tipos de gneises), y una serie de rocas sedimentarias de edad Cretácico superior (calizas, dolomías, arenas y arcillas). A su vez, perpendicularmente a esas dos unidades geológicas, cuatro cursos fluviales principales (Cigüeñuela, Eresma, Clamores y Tejadilla) han excavado valles estrechos (gargantas y cañones), conformando toda una serie de laderas y vertientes de pendiente elevada sobre distintos sustratos.

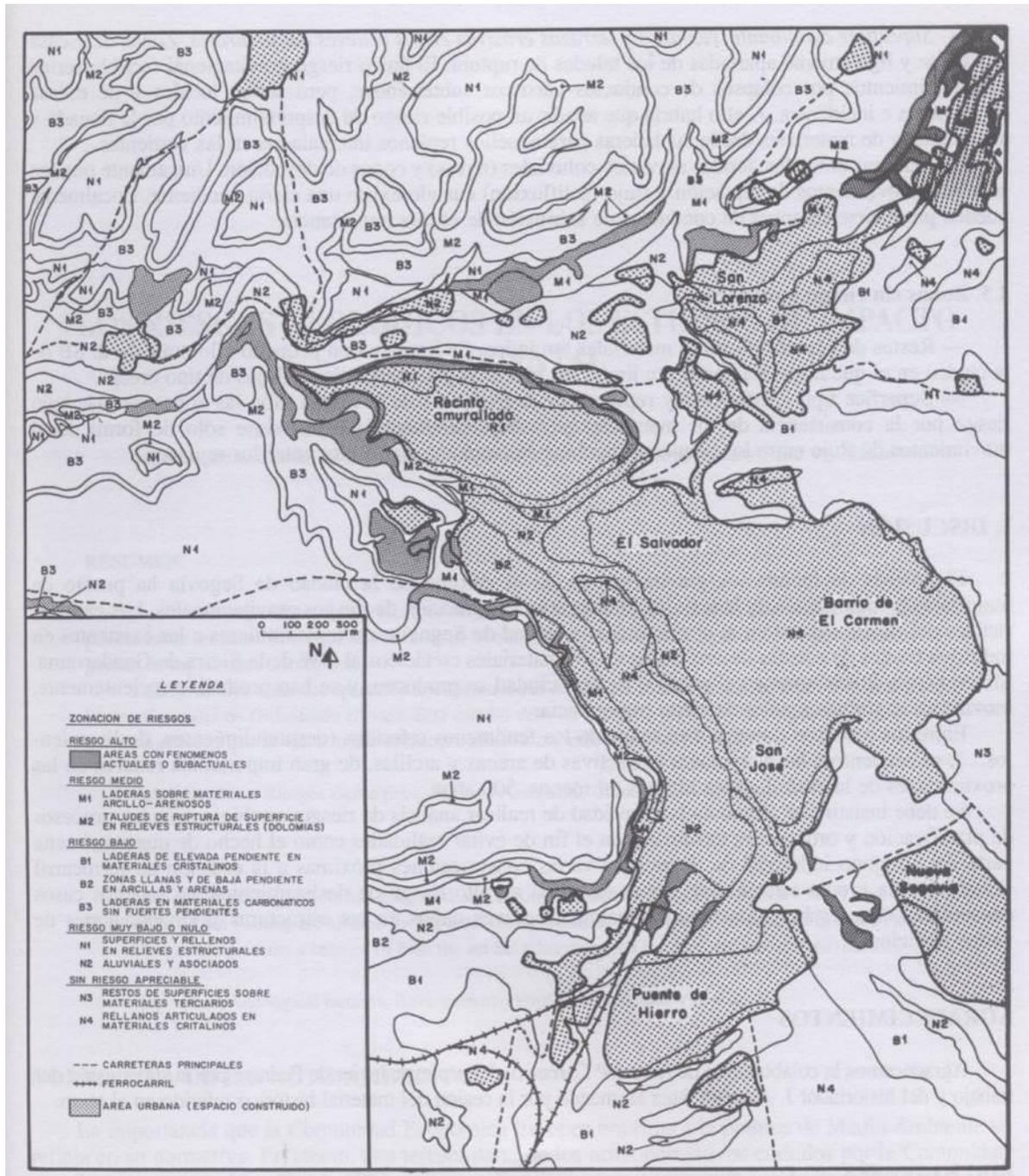


Figura 7. Mapa de susceptibilidad a los procesos gravitacionales, que cruzado con las zonas urbanas da una primera idea del nivel de riesgo de movimientos de ladera en la Ciudad de Segovia y su entorno (Díez y Martín Duque, 1993b).

Algunos de estos movimientos de ladera son ya antiguos (ocurridos a lo largo del Cuaternario), y en general están estabilizados. Estos denotan la elevada actividad geomorfológica de tipo gravitacional anterior a la ocupación humana de este territorio. Ejemplo de ellos son los movimientos que se describen en la ruta como deslizamiento rotacional complejo de la Huerta Grande (parada 4) y el bloque deslizado de rocas de San Marcos (parada 7).

También existen movimientos que han ocurrido en tiempos históricos, como los que han afectado a la muralla de Segovia y que se describen en la parada 1 de la ruta. Asimismo, otros movimientos han tenido lugar en tiempos mucho más recientes, ya en relación con el desarrollo urbano de la ciudad (algunos de ellos se describen también a lo largo de la ruta).

### **Procesos de sufusión en el entorno de la ciudad**

Los colapsos y hundimientos del terreno como consecuencia de procesos de sufusión se han detectado en un caso muy concreto de la ciudad de Segovia el cual se describe ampliamente en la parada 2 de la ruta.

También existen otros ejemplos producidos en el área urbano de la ciudad, en este caso ligados principalmente a la existencia de tuberías y canalizaciones en las que se ha producido algún tipo de avería por rotura o escape de agua.

### 3. EL RIESGO POR AVENIDAS E INUNDACIONES

Las avenidas e inundaciones son un tipo de fenómenos ligados a la dinámica externa de la Tierra (geodinámica externa). Desde el punto de vista de la naturaleza del fenómeno, se consideran desastres hidrológicos por exceso de agua circulante, que suelen tener un origen atmosférico-meteorológico relacionado con precipitaciones intensas y/o continuadas en el tiempo o con fusión nival. Además, tienen una componente geológico-geomorfológica, en tanto en cuanto se producen por la circulación de los caudales sobre la superficie terrestre y llevan aparejados fenómenos de erosión, transporte y sedimentación de materiales detríticos.

Los tipos de inundaciones de interior (no costeras, ni litorales marinas) que se diferencian en las clasificaciones comunes utilizadas en protección civil (Díez Herrero, 2020a) son:

- Inundaciones por precipitación *in situ* (encharcamiento), cuando la cantidad o intensidad de precipitación líquida, o la fusión de las precipitaciones sólidas (nieve o granizo), supera la capacidad de infiltración del suelo, por ser este impermeable o por elevación de la superficie freática.
- Inundaciones por desbordamiento de corrientes fluviales, tanto de los ríos principales, como de los arroyos, barrancos y caceras.
- Inundaciones por la rotura o inadecuada operación de infraestructuras hidráulicas, como presas de embalse, azudes, canalizaciones, acueductos, balsas, etc.

Por sus características hidrológicas (tiempo base del hidrograma, otros tiempos característicos, relación caudal punta-caudal medio, etc.), los eventos extremos de aumento de caudales en los arroyos y ríos pueden ser tanto crecidas como avenidas súbitas:

- Las crecidas (del latín *crescere*, 'aumentar lenta y progresivamente') se producen en eventos de precipitaciones prolongadas, normalmente asociadas al paso sucesivo de frentes atlánticos de procedencia occidental o suroccidental, tanto de lluvias copiosas acumuladas, como de la fusión de nieve.
- Las avenidas (del latín *advenire*, 'venir hacia la posición del observador'), se producen tanto asociadas a precipitaciones prolongadas como por precipitaciones intensas y concentradas, cuando adquieren carácter torrencial por sus cortos tiempos característicos (súbitas) y sus caudales punta extraordinarios.

## Avenidas e inundaciones en Segovia

Las avenidas e inundaciones de interior (no costeras, ni litorales marinas) que se han descrito en el apartado anterior han acontecido en la provincia de Segovia históricamente, tienen lugar en la actualidad y pueden desarrollarse en el futuro; así se han producido:

- Inundaciones por precipitación *in situ*, ocurridas en localidades de las campiñas, los llanos y la Tierra de Pinares de la provincia de Segovia.
- Inundaciones por desbordamiento de corrientes fluviales, que por las características hidrológicas de los eventos extremos de aumento de caudales, pueden ser tanto crecidas como avenidas súbitas. Existen registros de crecidas en los principales ríos segovianos, Eresma, Cega, Duratón y Riaza, en los años 1956, 1989, 1996 y 2014, por poner algunos ejemplos. Las avenidas también han ocurrido en los torrentes de la Sierra (Real Sitio de San Ildefonso) y en los arroyos y barrancos de las campiñas y llanos (Martín Miguel).

A continuación, se describen con detalle algunos eventos ocurridos asociados al río Eresma a su paso por la ciudad de Segovia y las implicaciones de dichos eventos.

## Inundaciones históricas del río Eresma en Segovia y sus consecuencias

El **registro de inundaciones históricas de la ciudad de Segovia** es relativamente reducido para lo que cabría pensar en una ciudad con más de dos milenios de historia, y con la trascendencia sociopolítica que ha tenido desde la dominación romana. Los motivos fundamentales son que el recinto amurallado y gran parte del caserío se encuentran elevados varias decenas de metros respecto al fondo de los valles circundantes (Eresma y Clamores), por lo que las noticias sobre los efectos de las inundaciones están restringidas a las fincas y construcciones del fondo de los valles (monasterios, conventos, molinos, puentes), o a los arrabales de la ciudad ubicados en las orillas de los ríos (San Lorenzo, San Marcos, Santa Eulalia, San Millán). Sin embargo, los edificios emblemáticos y centros del poder civil, militar o religioso (Alcázar, Catedral, Ayuntamiento, Palacio Obispal), por su situación en lo alto del recinto amurallado, salvo la Real Casa de Moneda, nunca se han visto afectados por las inundaciones, y por ello se pierden importantes y continuas series documentales de registro.

A partir de la consulta de diferentes fuentes de archivos, bibliotecas y hemerotecas, ha sido posible ir completando una relación de los principales eventos de inundación que han afectado al valle del río Eresma a su paso por la ciudad de Segovia (tabla I):

Fecha	Descripción	Fuente*
01-1202	Inundaciones generalizadas en los ríos segovianos "... cayendo el 30 de diciembre [de 1201] una terrible nevada que, al fundirse pocos días después, produjo desastrosas inundaciones generales".	DC
1304	Inundación del Monasterio de Santa María de los Huertos, siendo abad Arnaldo, a causa del desbordamiento del río Eresma, que "inundó la iglesia y claustros de él".	LB
13-05-1477	Inundación del Eresma de consecuencias desconocidas.	IA, AMSg
1502	El puente de la Alameda ha sido derribado por las crecidas.	AGS, AMSg
1504	El puente de la Alameda ha sido construido en madera dos veces, y ambas veces solo ha durado dos años, pues crecidas sucesivas lo han derribado.	AGS
26-01-1511	Peticiones sucesivas del Concejo de Segovia para arreglar el puente sobre el río Eresma a la altura del Monasterio del Parral, roto por las crecidas.	AGS, RGS
Invierno 1513-1514	Solicitud de reparación del puente desde el Soto al Tormohito (Alameda del Parral) para permitir el paso de las carretas y los mercaderes.	AGS
Otoño 1521	Inscripción de inundación en un libro de canto de la Catedral de Segovia.	ARH
25-08-1540	Avenida del Eresma que arrancó dos puentes, seis batanes, once molinos y más de cuarenta casas; inundó el monasterio de Sta. María de los Huertos, y alcanzó tres varas en la iglesia y las casas de San Lorenzo.	DdC
25-08-1543	Avenida del Eresma en Segovia de consecuencias catastróficas; también crecido en Carbonero el Mayor.	GRC
1598	Las inundaciones obligan a los frailes del Monasterio de Sta. María de los Huertos a abandonar el mismo.	AP
1599	Inundaciones en el Monasterio de Sta. María de los Huertos	AP
1603	El río arrastró el macho de acarreo en el molino de San Lázaro	GMR
1605	Arreglo de lo derruido en la Puente Castellana por el cantero Yturalde.	GMR
Invierno de 1618	Domingo de Mendiola..	AGS
1626	Reparación de la cerca principal del convento de San Vicente, derribada por las aguas.	AH
Enero de 1627	Propuesta de reparación (22-2-1627) del batán que se había llevado el río.	GMR
31-10/01-11-1629	Monasterio de Sta. María de los Huertos. Escribano Eugenio Velázquez.	AHPS
1681	Daños en el puente de piedra del Monasterio de Santa María del Parral.	GMR
1695	Libros de Cuentas del Ayuntamiento 1696-1697.	AMSG

23-06-1733	Avenida súbita del Clamores y Eresma con consecuencias catastróficas en la ciudad de Segovia	JAM
15-06-1734	Inundación en Segovia. " <i>Cayó tan copiosa lluvia el 15 de Junio de 1734, que se inundaron muchas casas del arrabal, y el agua subió hasta el altar mayor de la iglesia de los Capuchinos</i> ".	AMSG
22-06-1791	Expediente sobre reconocimiento de los Puentes de la Alameda, puente castellano y el de S. Lázaro con motivo de la avenida ocurrida el 22 de junio,	AMSG
19-03-1799	Se hacen los muros del parque del Alcázar, derribados por las avenidas del río Eresma el invierno anterior.	AGP
23 a 25-12-1860	La Casa de Moneda de Segovia fue inundada tres veces	AGS
15 y 16-05-1906	Daños en la planta hidroeléctrica segoviana.	IA, AMSG
29-03-1956	Se registra un caudal medio diario de 291 m <sup>3</sup> /s (202 m <sup>3</sup> /s en la revisión del Anuario).	CHD, AS
20-01-1966	Se registra un caudal instantáneo de 77 m <sup>3</sup> /s.	CHD, AS
18-12-1997	Se registra un caudal instantáneo de 66 m <sup>3</sup> /s.	CHD, AS
22 al 30-01-2009	Crecidas por precipitaciones intensas y prolongadas y fusión de nieve, con desbordamientos en Segovia que afectaron al Ingenio Chico de la Casa de Moneda.	CHD, AS, NCS
26 al 30-03-2013	Crecidas por precipitaciones intensas y prolongadas y fusión de nieve, con desbordamientos en Segovia que afectaron al bar-restaurante del Ingenio Chico de la Casa de Moneda y al taller de la herrería.	CHD, AS, NCS
01 al 03-03-2014	Crecidas por precipitaciones intensas y prolongadas y fusión de nieve, con desbordamientos en Segovia que afectaron al bar-restaurante del Ingenio Chico de la Casa de Moneda.	CHD, AS, NCS
11 y 12-12-2020	Avenida súbita por precipitaciones intensas y fusión de nieve, y desembalse del Pontón Alto, con desbordamientos en Segovia que afectaron al bar-restaurante del Ingenio Chico de la Casa de Moneda y al Museo.	CHD, AS, NCS
<p>* CLAVES: AGP, Archivo General de Palacio; AGS, Archivo General de Simancas; AHMS, Archivo Histórico Militar de Segovia; AHPS, Archivo Histórico Provincial de Segovia; AMSG, Archivo Municipal de Segovia; RGS, Registro General del Sello; AH, Archivo de Hacienda; AS, El Adelantado de Segovia; CHD, Confederación Hidrográfica del Duero; IA, Isabel Álvarez (AMSG), ARH, Antonio Ruiz Hernando (RAHASQ); DdC, Diego de Colmenares (1637); GMR, Guadalupe de Marcelo Rodao (PN); NCS, El Norte de Castilla (edición Segovia); GRC, Garci Ruiz de Castro; DC, Daniel de Cortázar; JAM, Juan Antonio Marín ((1733-1962).</p>		

Tabla I. Recopilación de los principales eventos de inundación producidos en el valle del río Eresma a su paso por la ciudad de Segovia ordenados de más antiguo a más reciente (ver referencias bibliográficas completas en Díez Herrero et al., 2007-2018 y 2020; Díez Herrero, 2020a).

## 4. RIESGOS SÍSMICOS

Los terremotos, seísmos o sismos son movimientos rápidos del terreno asociados a la liberación brusca de energía mecánica, normalmente ligados a zonas de falla o fractura de origen tectónico, aunque pueden tener otros orígenes naturales e incluso artificiales. Un alto porcentaje de la sismicidad del planeta registrada instrumentalmente (por sismógrafos y acelerógrafos) se ubica en los límites de las principales placas tectónicas litosféricas, pero en las zonas intraplaca, como el interior de la península Ibérica, también se han registrado y sentido numerosos terremotos. Estos seísmos con epicentro en zonas intraplaca, o los efectos de otros más lejanos, a pesar de su relativa reducida magnitud pueden producir situaciones de riesgo sísmico cuando afectan a las personas, bienes materiales (como el patrimonio histórico-artístico) o a la interrupción de flujos comerciales y líneas de servicio.

### Terremotos históricos en Segovia

Sí, por increíble que parezca, en Segovia ha habido y se han sentido numerosos terremotos, incluso algunos de ellos han producido ciertos daños. Además, otros nuevos podrían suceder en el futuro y podrían generar importantes pérdidas económicas e incluso víctimas mortales.

La orogenia Alpina, responsable de la formación de la Sierra de Guadarrama y de muchos de los relieves de la provincia de Segovia, no es un proceso concluido, sino que en la actualidad pueden sentirse sus efectos en diversas zonas del planeta (Himalaya, Andes, Alpes...), e incluso en Segovia, eso sí, atenuados (figura 8).



Figura 8. Representación humorística de los efectos de la orogenia Alpina en la península Ibérica, consecuencia de la compresión de la microplaca Ibérica por parte de la placa Africana desde el Sur (formando las cordilleras Béticas) y de la placa Euroasiática desde el Norte (formando los Pirineos); cuyos esfuerzos transmitidos al centro peninsular levantaron el Sistema Central. Autor: José Orcajo, en Alonso Azcárate y Díez Herrero (2007).

Una de las manifestaciones de esta orogenia son los terremotos recientes. Segovia se encuentra entre las zonas con menor actividad sísmica de la península Ibérica. No obstante, a lo largo de los últimos siglos se han dejado sentir y registrado tanto los efectos de terremotos acontecidos en lugares distantes (Lisboa, Andalucía), como de pequeños sismos con epicentros en Segovia.

### **El terremoto de Lisboa de 1755 en Segovia**

El 1 de noviembre de 1755, sobre las 9:45 h, se produjo un terremoto de elevada intensidad, que causó varios miles de víctimas en Portugal, sur de España (tsunami en Cádiz) y Norte de África; y que pasó a denominarse 'el terremoto de Lisboa', por los dañinos efectos que tuvo en esta ciudad. Este terremoto también fue sentido y tuvo efectos en la provincia (figura 9) y ciudad de Segovia (figura 10).



*Figura 9. Vista cenital-lateral del tramo del acueducto de Pedraza (acueducto del Caño) en su parte elevada en arquería, donde se aprecia una deformación sinusoidal en el trazado en planta, que ha sido atribuida al efecto del terremoto de Lisboa de 1755. Fuente: Díez-Herrero (2019).*

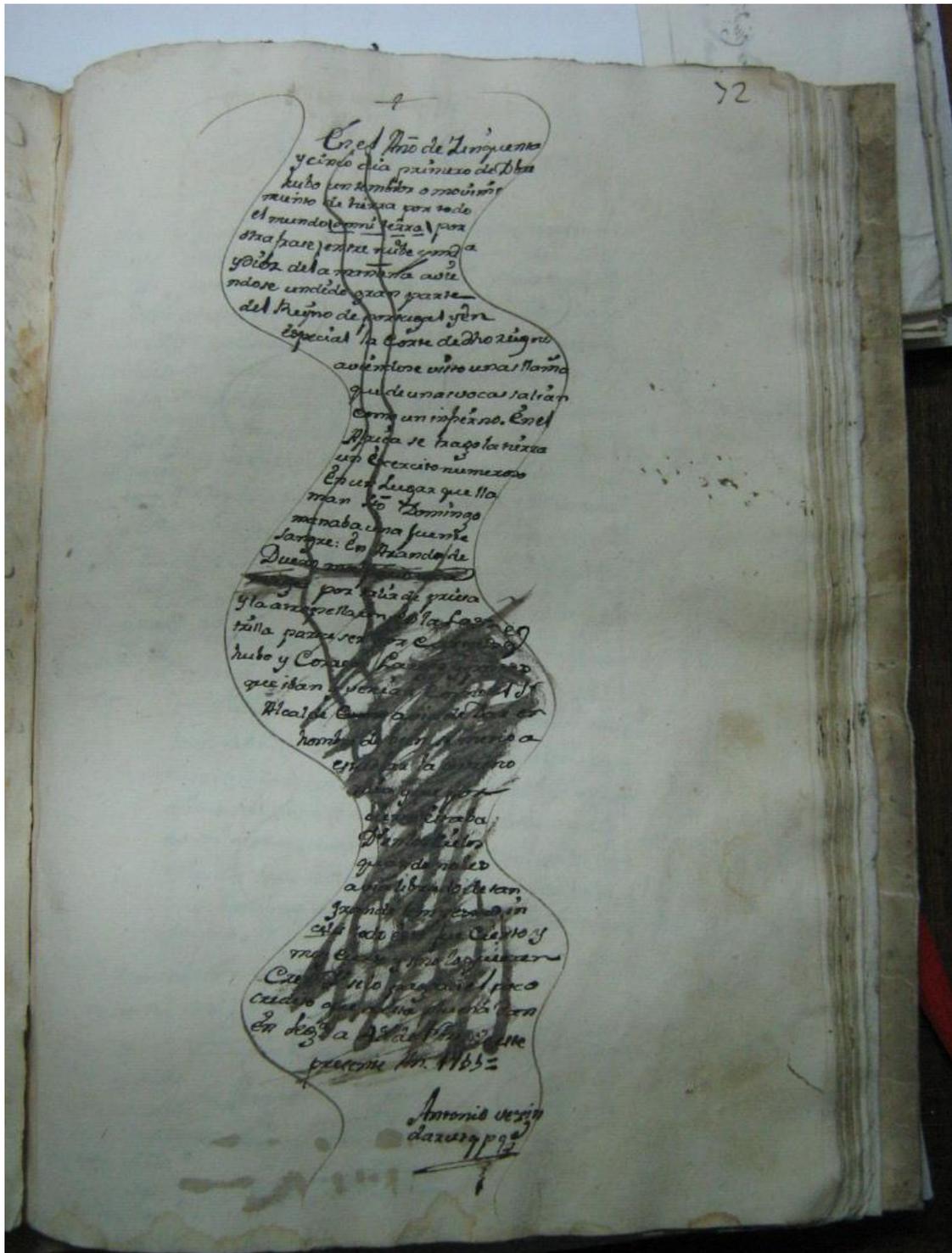


Figura 10. Manuscrito novelado ('poema gráfico') de un médico del antiguo Hospital de la Misericordia de Segovia, sobre las consecuencias del terremoto de Lisboa de 1 de noviembre de 1755. Archivo del Hospital de la Misericordia (hoy Obispado de Segovia), Caja N° 272 de Varios (documentos del Colegio de San Ildefonso), "Libro de entradas de los Señores Colegiales en el Colegio Theologo de S Ildefonso de esta Ciudad de Segovia, que empezó el año de 1653 y finalizó en el de 1776", fol. 72, fechado en Segovia a 18 de diciembre de 1755. Gentileza de J.A. del Barrio (colegio Claret de Segovia y académico de San Quirce). Fuente: Díez Herrero (2019).

En el Archivo Histórico Nacional se conserva documentación de una encuesta sobre los efectos de dicho terremoto en las localidades españolas, que el rey Fernando VI ordenó llevar a cabo al Gobernador del Supremo Consejo de Castilla. Tan sólo 1216 localidades devolvieron la encuesta con información al respecto, de las cuales 123 correspondían a la actual provincia de Segovia, siendo la provincia con más encuestas, seguida a distancia por Zaragoza con 88 localidades (Martínez Solares, 2001). Este puntual cumplimiento en Segovia de las órdenes reales no se debió a que los efectos del terremoto fueran especialmente virulentos (no hubo víctimas y la intensidad estimada fue IV), sino a la labor recopiladora del Intendente Pedro Jirón y Ahumada.

La mayor parte de las localidades segovianas citan entre los efectos del terremoto: movimientos en las lámparas y muros de las iglesias (al encontrarse en la misa del día de Todos los Santos); pequeños daños en cubiertas y bóvedas (desprendimiento de yesos y revocos); movimientos en las losas de los sepulcros en los cementerios (que ese día se visitan); cimbreo de torres, espadañas y puentes; movimientos de enseres y paredes en las casas; y sonidos sísmicos comparados con truenos o paso de carruajes. Entre los hechos curiosos de los relatados en las respuestas a la encuesta se encuentra la descripción de lo acontecido en el Alcázar de Segovia (figura 11):

*“Y registrando todo el recinto de este Real Alcázar, se halló que (en la Torre del Homenaje, y Plaza de armas del cubo, que mira al Oriente), había arrancado una piedra de su coronación, de peso como de cuatro arrobas y tirandola al foso, y las ruinas de cal y piedra, cayendo el empizarrado, quebrando como doscientas pizarras...”*.



*Figura 11. Torre del Homenaje del Alcázar de Segovia que se vio afectada por el terremoto de Lisboa de 1755.*

No obstante, los mayores efectos de este terremoto en el patrimonio histórico-artístico segoviano se registraron en la multitud de iglesias románicas y en la Catedral, como se describe en detalle en la parada 9 del itinerario (ver capítulo 5).

## El terremoto de Arnedillo de 1817 en Segovia

Otro terremoto histórico que se dejó sentir en la provincia de Segovia fue el acontecido el 18 de marzo de 1817 en Arnedillo (La Rioja), del que existe al menos una inscripción alusiva en los muros del portalillo del atrio y el acceso a la torre de la iglesia de Bernuy de Porreros (figura 12).

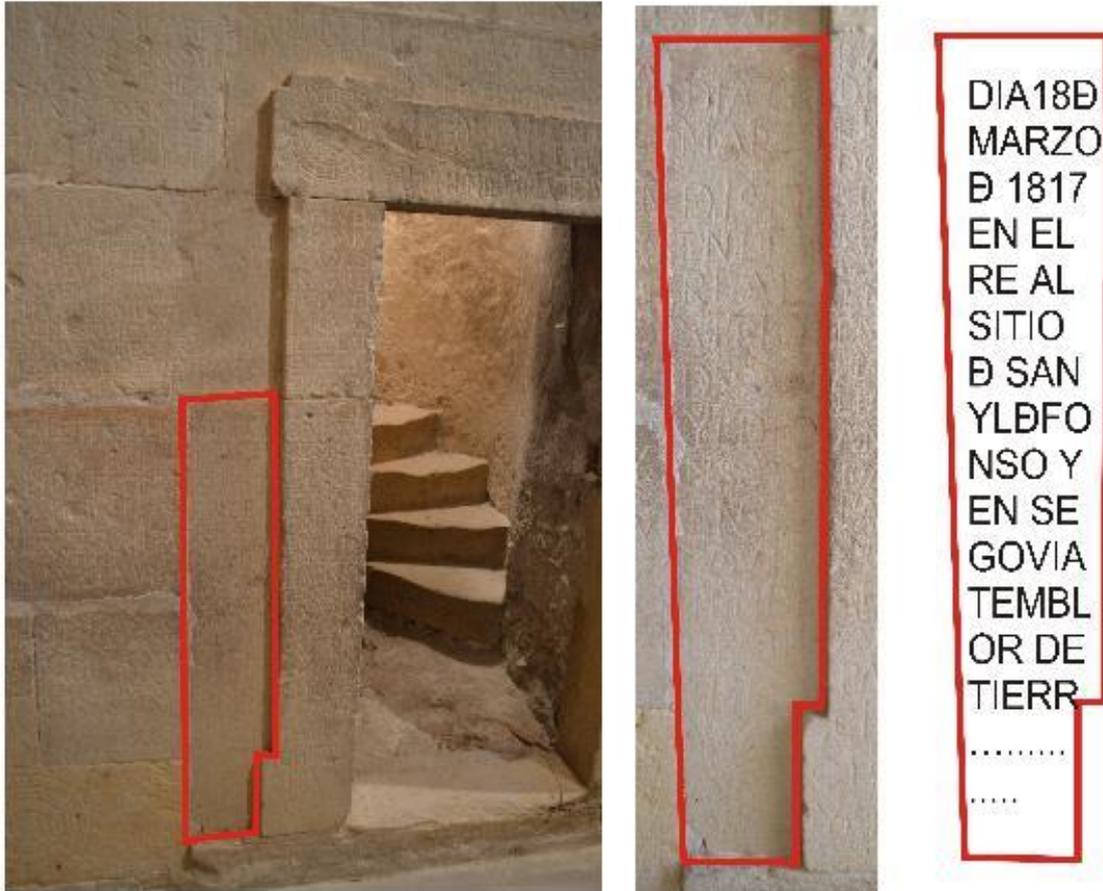


Figura 12. Inscripción epigráfica en un sillar del muro del portalillo del atrio de la iglesia de Bernuy de Porreros, en el que se hace constancia del terremoto de Arnedillo del 18 de marzo de 1817. Fuente: Díez Herrero (2019).

## El terremoto de febrero de 1969 en Segovia

Del mismo modo, es recordado por la población segoviana el movimiento que produjo en lámparas y otros enseres, el terremoto ocurrido en la madrugada del 28 de febrero de 1969, con epicentro localizado en el cabo de San Vicente (intensidad VII) y que produjo 19 víctimas en España (figura 13). El Adelantado de Segovia de ese mismo día (edición de tarde) se hace eco de que “la mayor parte del vecindario despertó sobresaltado por la fuerza del fenómeno”, “se apreciaron claramente movimientos de muebles y lámparas, y en la fábrica de vidrio de la Granja cayeron varias estanterías” (figura 14).



## Terremotos recientes con epicentro en la provincia de Segovia

Los terremotos con epicentro en la provincia de Segovia que constan en el Banco de Datos Sísmicos (entre 880 a.C. y la actualidad) gestionado por el Instituto Geográfico Nacional (Servicio Nacional de Sismología), son los recogidos en la tabla de la figura 15 y el mapa de la figura 16. La escasez de registros se debe en buena parte a la reciente implantación de la red sísmica nacional (desde 1985), y en especial a la aún más reciente instalación de las estaciones de banda ancha de tres componentes, digitales y con transmisión de datos por vía satélite (que data de 1999).

Evento	Fecha	Hora UTC	Hora Local (*)	Latitud	Longitud	Profundidad (km)	Magnitud	Tipo Man.	Int. max.	Localización
134563	18/04/1999	19:58:42		40.8576	-3.9742	10	2.1	2		SE SAN ILDEFONSO.SG
229245	13/10/2000	10:34:54		41.0004	-3.8021		2.3	2		S CEGUILLA.SG
229287	13/10/2000	14:25:26		41.0863	-3.8210		2.4	2		NW CEGUILLA.SG
239742	23/12/2000	02:58:28		41.0235	-3.7777	1	2.2	2		SE CEGUILLA.SG
425974	11/10/2003	08:16:21		41.0361	-3.7880	11	2.0	mbLg	II	SE CEGUILLA.SG
999017	27/06/2010	22:57:25	00:57:25	41.2929	-3.7557		1.9	mbLg		SW SEPÚLVEDA.SG
999053	28/06/2010	03:56:04	05:56:04	41.3839	-3.9666		1.0	mbLg		SW SAN MIGUEL DE BERNUY.SG
999438	29/06/2010	01:26:13	03:26:13	41.4200	-3.9208		1.7	mbLg		NE SAN MIGUEL DE BERNUY.SG
1209336	30/04/2013	03:48:57	05:48:57	41.0451	-3.8769	11	2.0	mbLg		SW TORRE VAL DE SAN PEDRO.SG
1237069	01/10/2013	02:13:58	04:13:58	41.0927	-4.5565		2.2	mbLg		NE ALDEANUEVA DEL CODONAL.SG
es2017dkbib	25/03/2017	23:08:17	00:08:17	41.3046	-3.7491	12	1.6	mbLg		N SEPÚLVEDA.SG
es2018hjnan	26/06/2018	01:28:36	03:28:36	41.3407	-3.7613	12	1.8	mbLg		SE URUEÑAS.SG

\* Hora oficial española peninsular para terremotos situados entre 20°W y 6°E de longitud y 32°N y 45°N de latitud.  
Hora oficial canaria para terremotos situados entre 19°W y 13°W de longitud y 27°N y 30°N de latitud.

Figura 15. Catálogo de terremotos con epicentro en la provincia de Segovia entre 1999 y 2020. Fuente: Banco de datos sísmicos del Instituto Geográfico Nacional.

De la docena de terremotos registrados, la localidad con más epicentros es Ceguilla, con cuatro terremotos; el terremoto de mayor magnitud fue el del 13 de octubre de 2000 en Ceguilla, con 2.4; y el de menor magnitud que se llegó a registrar fue el del 28 de junio de 2010, con 1.0.

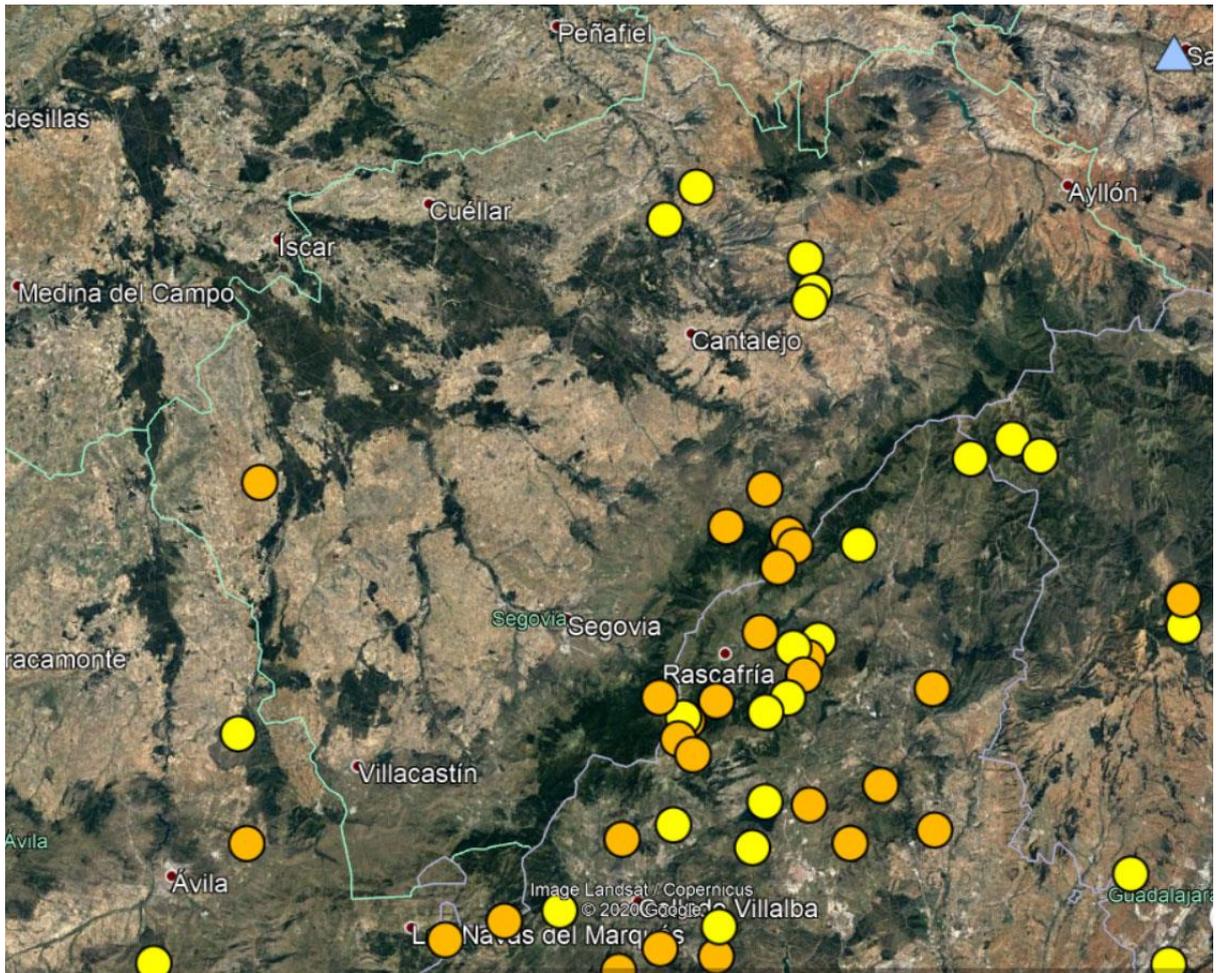


Figura 16. Mapa de los epicentros de terremotos recientes (1999-2020) en el centro peninsular y en particular en la provincia de Segovia. Fuente: Catálogo sísmico del Instituto Geográfico Nacional.

El primer terremoto de 1999 en el Real Sitio de San Ildefonso se puede relacionar con la construcción y puesta en funcionamiento del embalse del Pontón Alto, que podría generar sismicidad inducida durante los procesos rápidos de llenado y vaciado; o con las fallas del norte del Sistema Central en el valle de Valsaín.

Otro conjunto importante de epicentros que se sitúa en la comarca de Navafría (Ceguilla, Torreval de San Pedro), se relacionaría con reajustes de la falla norte del Sistema Central, y más concretamente con la falla del arroyo de las Pozas y el río Cega.

Los más recientes, con epicentros en el macizo de Sepúlveda y las inmediaciones de la Serrezuela, se asocian al reajuste de las fallas y fracturas que elevaron estos macizos y formaron los pliegues monoclinales de Sepúlveda (popular 'pliegue en rodilla'; figura 17), Urueñas, San Miguel de Bernuy, Burgomillodo, Fuentidueña, etc. (figuras 18 y 19).

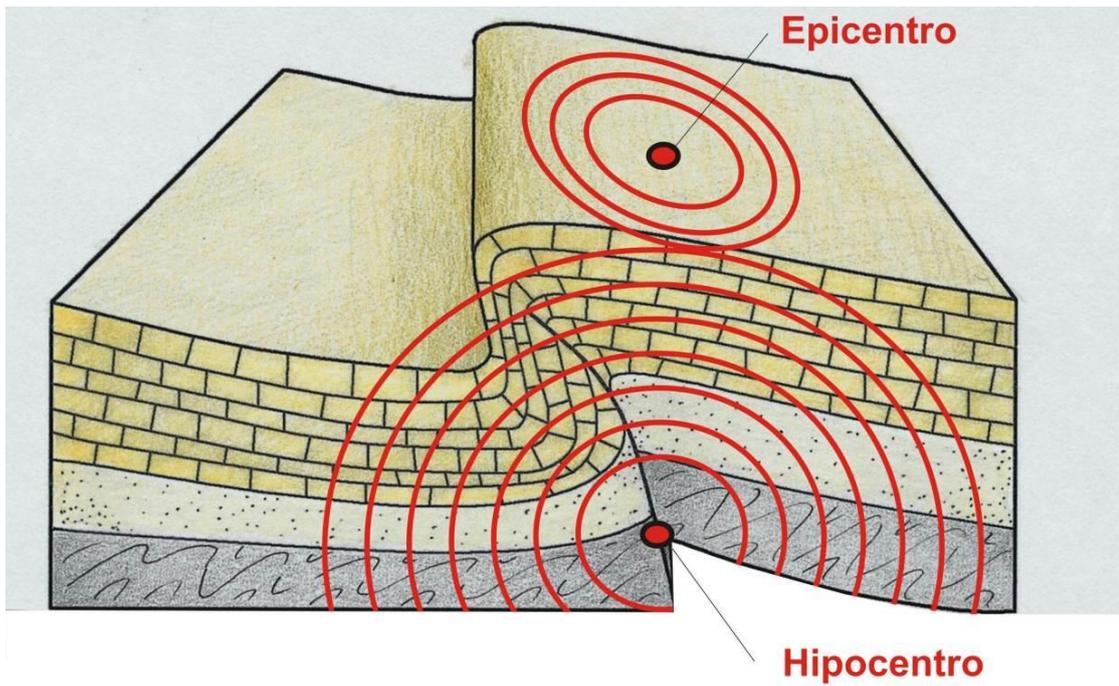


Figura 17. Bloque diagrama idealizado de la estructura de los pliegues monoclinales del macizo de Sepúlveda, con indicación de la posible fuente sismogénica en la falla (hipocentro), que da lugar a los pequeños terremotos con epicentro en el macizo de Sepúlveda. Modificado del dibujo de Jorge Soler en Díez Herrero y Martín Duque (2005).

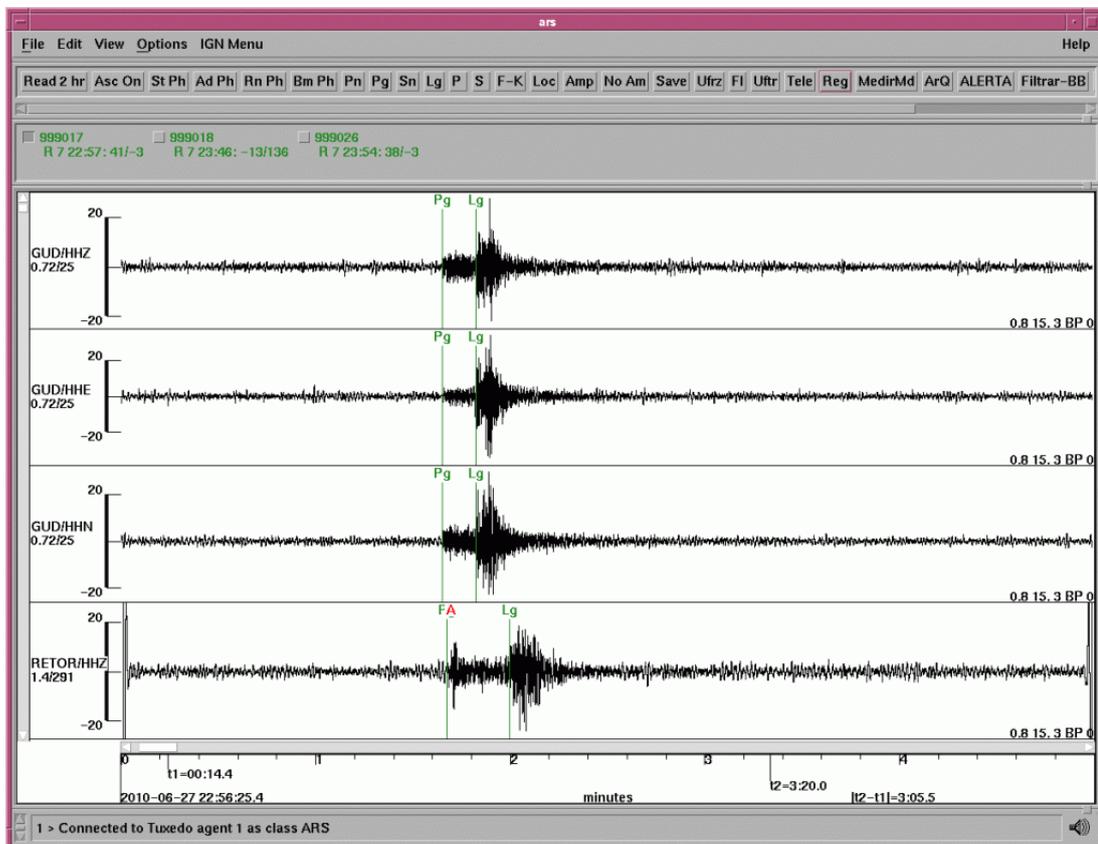


Figura 18. Sismogramas del pequeño terremoto de Sepúlveda, según se registró en cuatro estaciones de la Red Sísmica Nacional. Facilitado por D. Emilio Carreño (IGN).

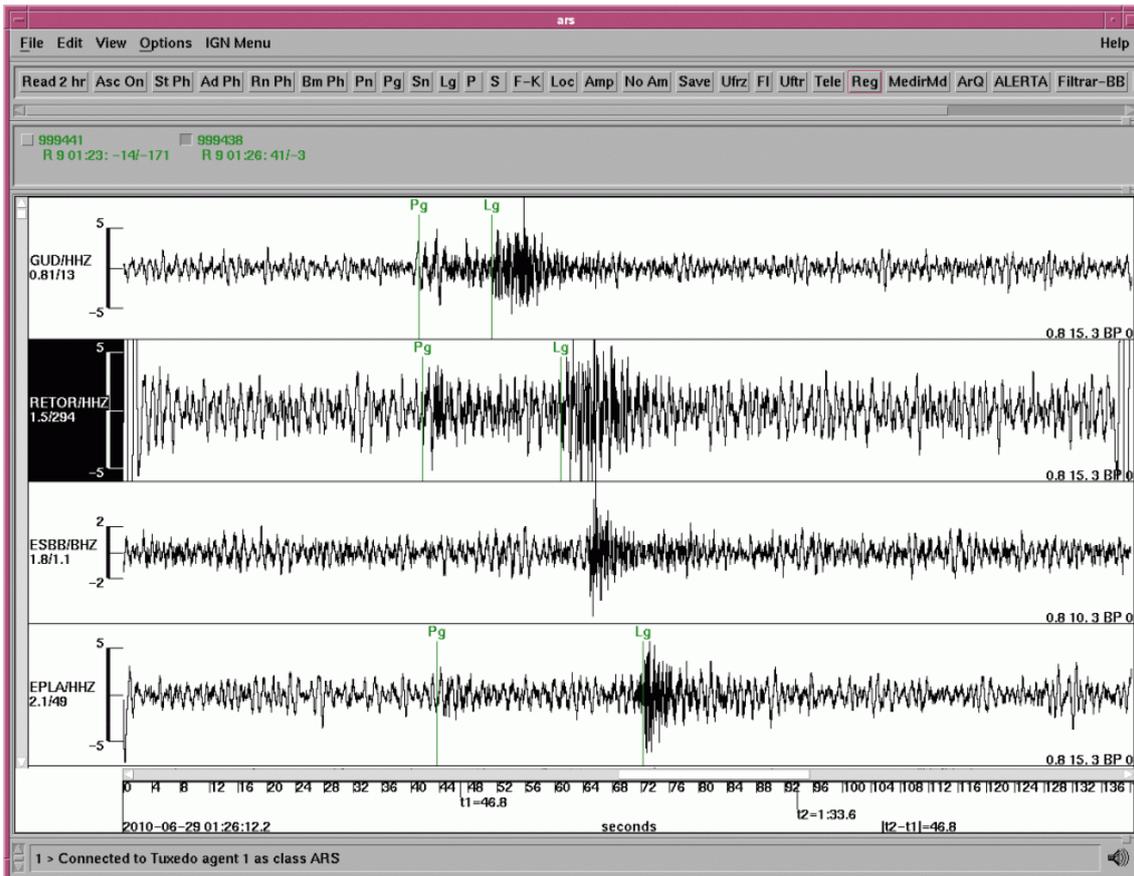


Figura 19. Sismogramas de pequeño terremoto de Fuentesoto, según se registró en cuatro estaciones de la Red Sísmica Nacional. Facilitado por D. Emilio Carreño (IGN).

El epicentro que quedaría sin explicar claramente con una lineación morfoestructural, es el del terremoto de Aldeanueva del Codonal de 2013 (figura 20), que debe corresponder al sistema de fallas al norte del macizo de Santa María la Real de Nieva hacia la cuenca del Duero.

El único que ha tenido repercusión en los medios de comunicación fue el acontecido el 11 de octubre de 2003, que fue sentido con intensidad II en la escala E.M.S. en la población de Navafría, de lo cual se hizo eco la prensa local (Descalzo, 2003), aunque no fue percibido por buena parte de la población de otras localidades cercanas (Ceguilla, Aldealengua de Pedraza). El hecho de que fuera sentido por la población puede estar relacionado con su superficialidad (hipocentro a sólo 1 km de profundidad), como ocurrió con el tristemente acontecido en Lorca en 2011. Los terremotos recientes de las proximidades de Sepúlveda y La Serrezuela también fueron recogidos por la prensa local (El Adelantado de Segovia 29 de junio y 2 de julio de 2010), pero más como curiosidad científica que por haber sido sentidos por la población.

Ha habido numerosos años, como 2020, en los que no ha habido ni un sólo epicentro de terremoto en la provincia de Segovia, pero la media aproximada para la provincia es de un terremoto cada dos años en el último cuarto de siglo.

# Los vecinos no percibieron el terremoto que se registró la noche del martes

GUILLERMO HERRERO - Aldeanueva del Codonal | 03/10/2013

Los vecinos de Aldeanueva del Codonal y de su anejo Aldehuela del Codonal no percibieron el terremoto que el Servicio de Información Sísmica del Instituto Geográfico Nacional registró la madrugada del lunes en su término municipal, de magnitud 2.1.

De acuerdo a la información facilitada por el Servicio de Información Sísmica, el terremoto, con epicentro al noroeste de Aldehuela del Codonal, a tres kilómetros de profundidad, se produjo a las 02,13 horas del 1 de octubre. "¿Ha habido un terremoto aquí? Pues yo ni me he enterado", señaló ayer el alcalde de Aldeanueva del Codonal, Pedro Gómez, sorprendido por el suceso. De igual forma, la alcaldesa del pequeño anejo de Aldehuela del Codonal, Conchi Martínez, indicó que "nadie ha hecho comentarios sobre este asunto, lo que demuestra que nadie se percató".

Por su parte, el geólogo segoviano Andrés Díez Herrero aseguró que este seísmo es de origen natural, sin vinculación con los que se están produciendo en los últimos días en el Golfo de Valencia, relacionados con la actividad humana —en concreto, con el proyecto Castor—.

En el libro "Las raíces del paisaje", del que son coautores Díez Herrero y José Francisco Martín Duque, se señala que la orogenia alpina, responsable de la formación y elevación de la Sierra de Guadarrama y de muchos de los relieves de la provincia, como la Serrezuela o el macizo de Sepúlveda, "no es un proceso concluido", sino que en la actualidad pueden sentirse sus efectos, sin bien en Segovia quedan atenuados.

En el último siglo, el seísmo más recordado por la población segoviana fue el que se produjo la madrugada del 28 de febrero de 1969, que despertó a la mayor parte de sus vecinos.

*Figura 20. Noticia aparecida en la edición digital del periódico El Adelantado de Segovia sobre la no percepción de los vecinos del terremoto de 2013.*

## **5. A TODO RIESGO. CONVIVIR CON LOS DESASTRES GEOLÓGICOS COTIDIANOS EN SEGOVIA**

La ruta que se presenta a continuación consiste en un recorrido a pie, apto para todos los públicos (incluidas personas con discapacidad física e intelectual), que se desarrolla en la ciudad de Segovia y su entorno periurbano (figura 21). Los objetivos que se persiguen con esta actividad son:

- Mostrar diferentes lugares próximos donde han tenido lugar, o aún tienen lugar en la actualidad, desastres y catástrofes naturales de origen geológico.
- Describir e interpretar el funcionamiento de los procesos geológicos susceptibles de producir desastres y catástrofes.
- Demostrar la cercanía, espacial y temporal, de fenómenos que han dado lugar a pérdidas económicas y personales.

Para la correcta observación e interpretación de las situaciones de riesgo o de los efectos de los desastres naturales históricos, se han diseñado una serie de paradas en el itinerario entre plaza del Azoguejo (Centro de Recepción de Visitantes) y el Santuario de Nuestra Sra. de la Fuencisla:

0. Contexto geológico general de la ciudad de Segovia en la plaza del Azoguejo
1. Desprendimientos históricos en la muralla de Segovia en el sector de San Juan
2. Colapsos y hundimientos por sufusión en la Cuesta de Santa Lucía
3. Inundaciones históricas del Eresma en el antiguo Monasterio de Sta. María de los Huertos
4. Deslizamiento rotacional complejo de la Huerta Grande
5. Inundaciones históricas y recientes en la Real Casa de Moneda
6. El desprendimiento de tierras de la Puerta de Santiago y su afección a la muralla
7. Bloque deslizado del puente de San Marcos
8. Inundaciones en el barrio de San Marcos y el tanque de tormentas
9. Efectos de los terremotos históricos en Segovia en la iglesia de la Veracruz y la Catedral de Segovia
10. Desprendimientos en Peñas Grajeras, consecuencias históricas y medidas estructurales
11. Inundaciones históricas en el Santuario de Nuestra Señora de la Fuencisla y la corta artificial del meandro de San Lázaro

Adicionalmente, la excursión se puede completar con las siguientes paradas, cuya descripción también se incluye en esta obra:

12. Desprendimientos de rocas en la Cuesta de los Hoyos y sistemas de contención
13. Desprendimientos de rocas en el valle del Clamores y sistemas de corrección
14. Inundaciones históricas del arroyo Clamores en Segovia
15. Deslizamiento rotacional en la estación de ferrocarril de Segovia y movimientos de ladera en El Tejerín (figura 22).

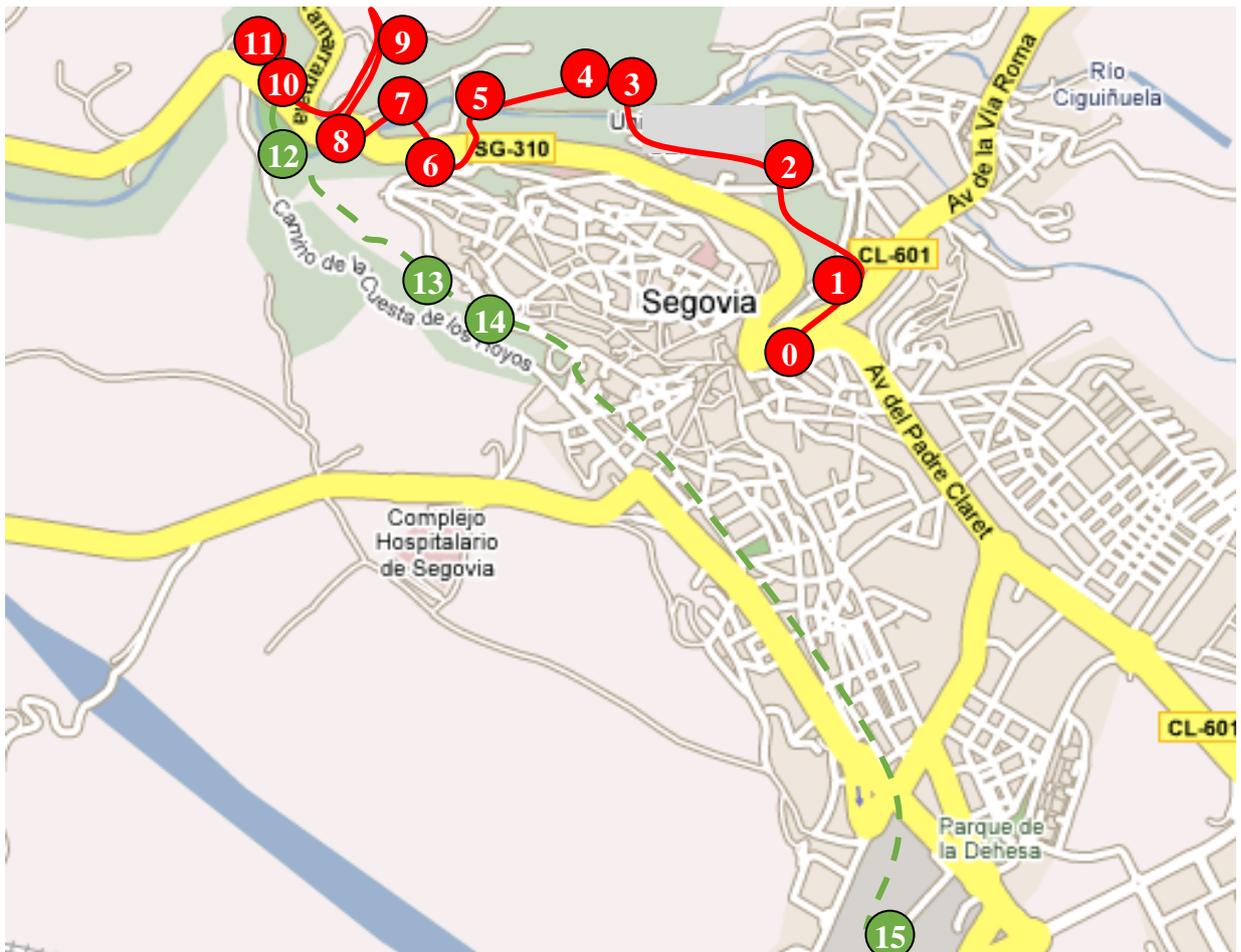


Figura 21. Mapa de situación de detalle de las paradas del recorrido. Tomado y adaptado de Google Maps ®.

Aunque la lista de instituciones, asociaciones, entidades y empresas que han organizado, patrocinado y colaborado ha cambiado a lo largo de estas ediciones, cabe mencionar a:

- Organizan: Instituto Geológico y Minero de España (IGME, CSIC; Ministerio de Ciencia e Innovación); y, desde 2018, también el programa de educación ambiental 'Segovia Educa en Verde' (Ayuntamiento de Segovia).
- Coordinan: 2007 a 2016, Semana de la Ciencia de la Comunidad de Madrid. Madri+d. FECYT (Ministerio de Ciencia e Innovación); 2017 a 2020: Semana de la Ciencia de Castilla y León. Parque Científico de la Universidad de Valladolid (Junta de Castilla y León).
- Colaboran actualmente o han colaborado en las pasadas ediciones: Facultad de Ciencias Geológicas (Universidad Complutense de Madrid); Centro Asociado de la UNED en Segovia; Universidad de Valladolid. Campus de Segovia; Asociación Geología de Segovia; Turismo de Segovia (Ayuntamiento de Segovia), Real Casa de Moneda de Segovia (Ayuntamiento de Segovia); Museo Geominero (IGME, MCIU); Museo de Segovia (Junta de Castilla y León); Real Sociedad Española de Historia Natural, Asociación de Amigos del Museo de Segovia; IMDEA-Agua, Universidad S.E.K. de Segovia, IE Universidad.



*Figura 22. Visita al deslizamiento rotacional de la estación de ferrocarril de Segovia, que cubrió e inutilizó las vías férreas, por uno de los cuatro subgrupos de asistentes a la excursión A todo riesgo IV (año 2010).*

## PARADA 0. Contexto geológico general de la Ciudad de Segovia en la plaza del Azoguejo

En la ciudad de Segovia y su entorno periurbano confluyen tres circunstancias:

- Alta geodiversidad de tipologías de rocas y procesos geológicos activos, al encontrarse Segovia a caballo de las tres principales unidades geológicas de la península Ibérica (figura 23): Macizo Ibérico, Cuencas y cordilleras alpinas y Cuencas Cenozoicas.
- Existencia de valles de varios ríos y arroyos (Eresma, Clamores, Ciguñuela, Tejadilla) con dirección ortogonal a las unidades geológicas, lo que produce la presencia de agua (superficial y subterránea en surgencias) y gran variedad de rangos de pendientes y orientaciones de las laderas, de zonas llanas a escarpes en extraplomo (figura 24).
- Dilatada y continua presencia humana en el entorno de la ciudad, que se remonta de forma esporádica al Paleolítico medio (hace 45.000 años) y de forma permanente al menos a la Edad de Hierro.

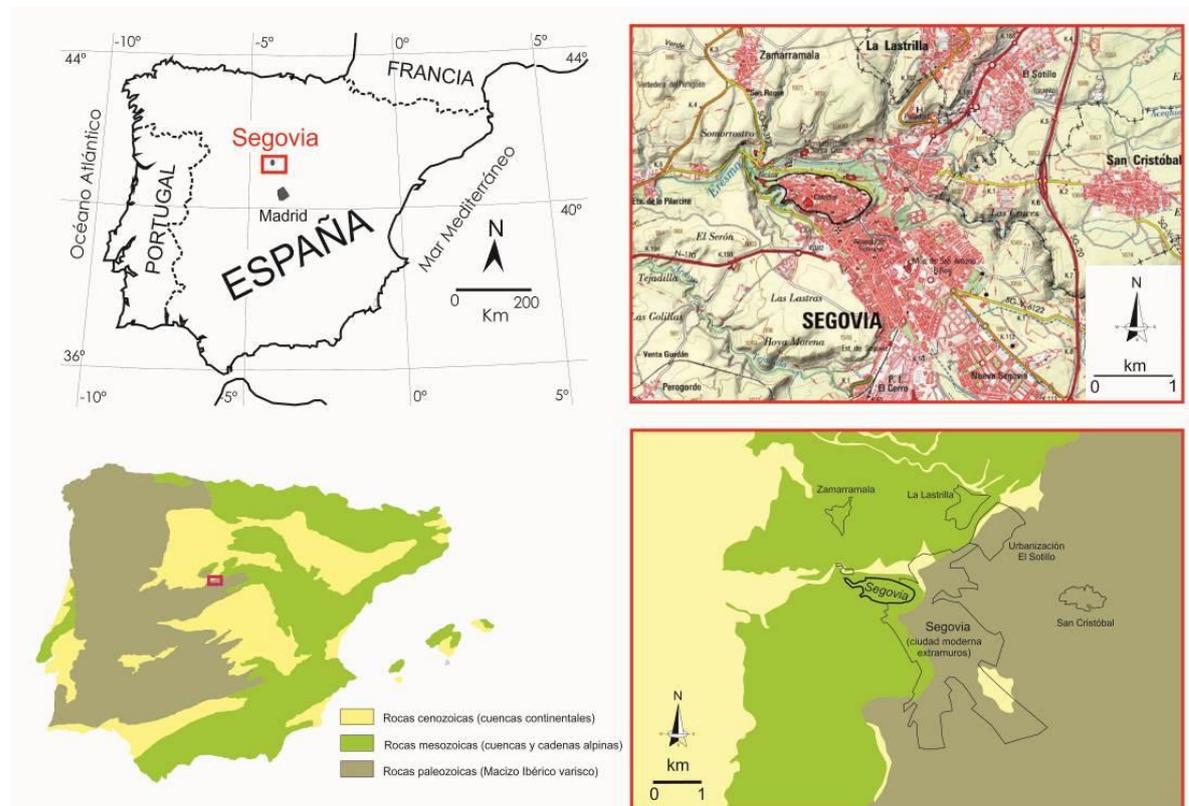


Fig. 23. Situación geográfica y geológica de la ciudad de Segovia, a caballo entre las principales unidades geológicas de la península Ibérica, representadas en el entorno de la ciudad con sus materiales y estructuras (Vegas y Díez-Herrero, 2021).

La convergencia de estos tres factores posibilita que se den múltiples tipos de procesos geológicos activos y que interfieran con las actividades humanas desde hace milenios, generando situaciones de riesgo que se han consumado en desastres a lo largo de la historia; y muchos de estos desastres han condicionado el poblamiento, uso y abandono de este territorio, influyendo incluso en el devenir histórico de la Ciudad y su actividad socioeconómica.

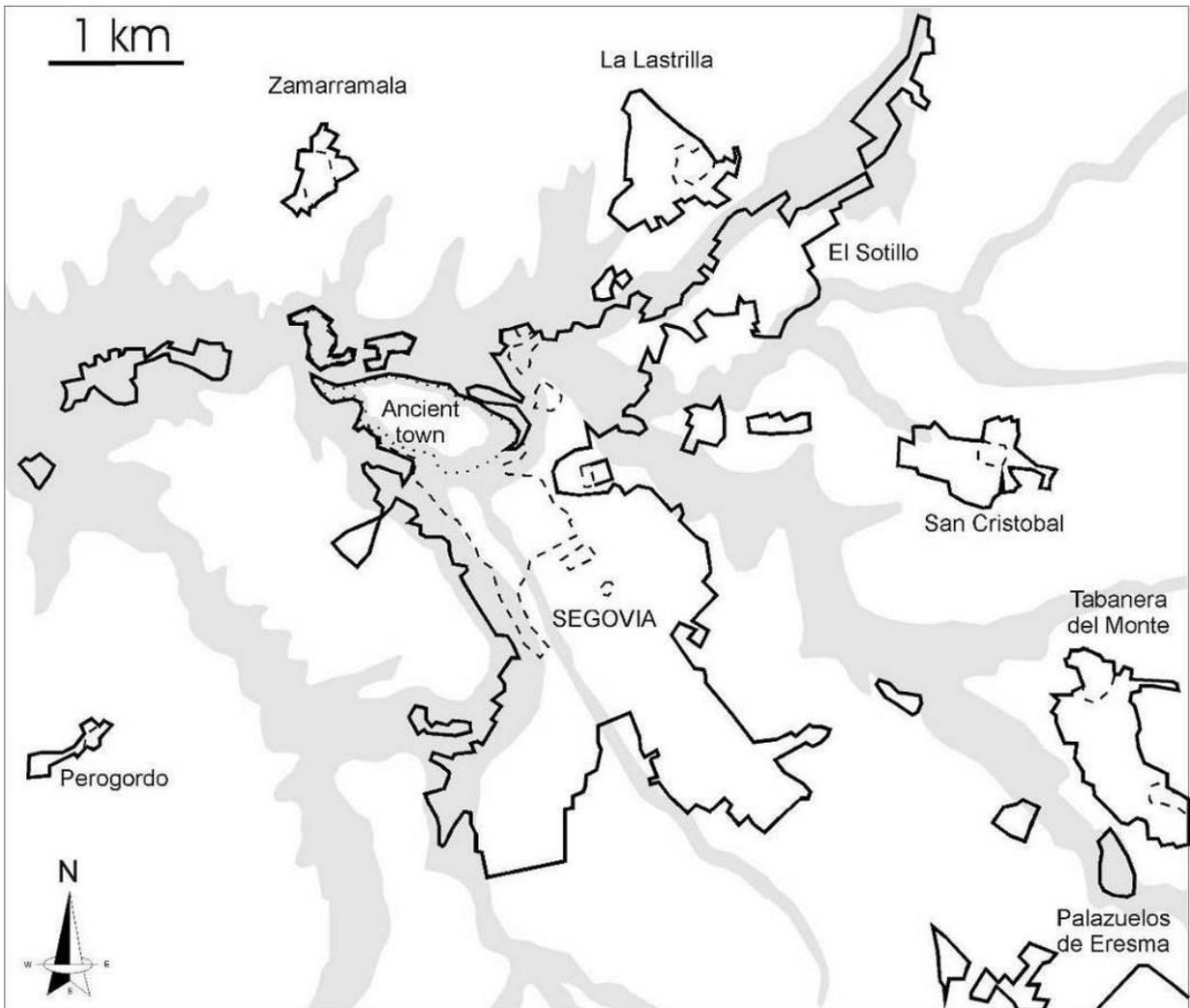


Fig. 24. Mapa de las zonas con peligro de movimientos de ladera y desbordamiento de corrientes fluviales (en gris) y su interferencia con el contorno de los sucesivos crecimientos urbanísticos (Edad Antigua, línea de puntos; Edad Media, línea discontinua; y Actual, línea continua) de la Ciudad de Segovia (Martín-Duque et al., 2003).

## PARADA 1. Desprendimientos históricos en la muralla de Segovia en el sector de San Juan

Toda vez que a la serie de factores condicionantes de partida ya expuestos (laderas de elevada pendiente y gran diversidad litológica), se le fueron superponiendo las actividades humanas en tiempos históricos, asociadas al crecimiento de la ciudad de Segovia, los movimientos en masa fueron siendo más frecuentes. Como muestra, la tabla II y la figura 25 recogen una serie de sucesos relacionados con movimientos en masa que han afectado a la muralla de Segovia en tiempos históricos recientes.

Año	Descripción
1627	Arévalo de Zuazo informa, en relación a la muralla, que "...cerca de los muros y en çimiento se saca piedra y en otras partes arena de que puede resultar por falta çimiento que se caigan especialmente en aquella parte de la puerta de San Cebrian a la de San Juan donde se ha mostrado este año".
1645	Caída de un lienzo de la muralla
1713	Desplome de la muralla a espaldas de la Casa Vieja de Moneda. Ocasionó grandes daños a las casas
1772	Se informa que "...los areneros hacen grandes cuebas y aberturas en el camino de Santa cruz las que dan motivo a que arruinen las murallas y se causen otros muchos daños y perjuicios".
1800	Reconocimiento de las murallas de San Cebrián por desprendimientos de piedras
1821	Se informa que, de la casa 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 desgajado frente al convento de Santa Cruz".
1828	Alzaga informa que frente a Santa Cruz se ha desprendido "un trozo de roca vajo la muralla que está amenazada en otro sitio con inminente peligro".
1840	Se informa que "...a la derecha del (camino) que va de Santa Cruz a San Lorenzo cuesta 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 Fte de Santa Lucía y otras servidumbres particulares han causado un desplome del terreno próximo al paseo de la Alamedilla y conociendo le causan graves males al camino de aquel nombre".
1887	"... se desprendió un gran tempaño de roca que produjo un extraordinario movimiento en la antigua muralla de la ciudad...".

Tabla II. 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 Hernando (en Díez y Martín Duque, 1993b; pág. 689).

Como puede comprobarse en la tabla II, parece haber una clara concentración temporal y espacial de los movimientos del terreno a partir del siglo XVII (sobre todo a finales del siglo XIX) y en el entorno del recinto amurallado (sobre todo en la puerta de San Juan y el palacio de los marqueses de Lozoya). Sin embargo hay que analizar esta aparente concentración de fenómenos con cuidado, dado que existen diferentes sesgos en la información: sesgo documental, ya que antes del siglo XVII las actas municipales son más reducidas y a partir de finales del siglo XIX nace la prensa local, incrementando las noticias de eventos; y sesgo espacial, ya que los eventos recogidos en los documentos se localizan principalmente en torno a las posesiones de los centros de poder político, militar y religioso de la ciudad.

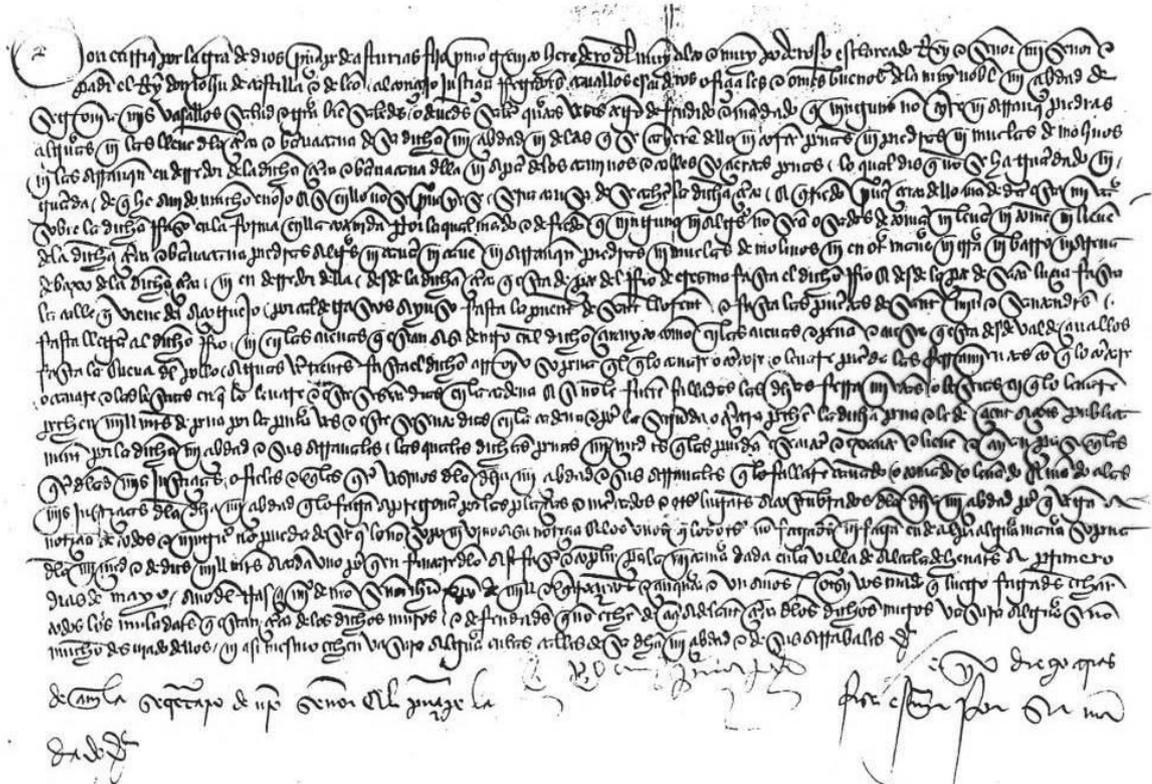


Figura 25. Edicto de Enrique IV fechado a mediados del siglo XV, que prohíbe la extracción de arenas y tierras en la base de la muralla de la Ciudad de Segovia, para evitar que se produzcan desprendimientos y daños en ésta.

Finalmente, el desarrollo urbano más reciente, que incrementó enormemente la superficie urbanizada y las vías de comunicación, ocurrido aquí con mayor intensidad a partir de los años 1980, ha inducido toda una serie de movimientos de ladera. Ello hace posible registrar en este periodo un amplio catálogo de fenómenos (no sólo inducidos, sino también naturales), que han afectado al desarrollo normal de la vida urbana (tablas III y IV; figuras 26 y 27).

Fecha	Tipo de movimiento	Localización	Afecciones
08-01-1970	Desprendimiento	Ladera sur del Alcázar	Rotura sistema de iluminación
Años 70s	Vuelcos y desplomes	El Tejerín	Taponamiento antiguas areneras
Años 80s	Deslizamiento rotacional complejo	Fábrica patatas El Tejerín	Abandono del edificio industrial
Años 80s	Deslizamiento rotacional complejo	Estación de ferrocarril	Invasión de la vía y rotura de muros
Nov.1992	Desprendimientos y deslizamientos en cuña de rocas cristalinas (gneises)	Avenida Vía Roma, en las proximidades de la Alamedilla del Conejo	Cortes de tráfico
Febrero1997	Avalancha de tierras	Calle Obispo Gadástegui	Rotura de valla
01-01-1998	Deslizamiento rotacional múltiple	Carretera de Valladolid (El Terminillo)	Dstrucción de la carretera e interrupción del tráfico
27-08-1998	Avalancha de tierras	Puerta de Santiago	Dstrucción del cubo y lienzo de la Muralla
Abril de 1999	Desprendimientos	Fondo del valle del Clamores	Hundimiento solapas de zona peatonal del parque
08-06-1999	Deslizamiento rotacional simple	Carretera de Villacastín	Dstrucción de carretera e interrupción larga del tráfico
Años 90s	Deslizamiento rotacional múltiple	Casa de La Carne - Caprabo	Caídas de tierra en la trasera de centros comerciales
Años 90s	Desprendimiento por reptación	Cuesta de los Hoyos-Pinarillo	Afecciones a vehículos y corte de tráfico
Años 90s	Avalancha de tierras	Calle de acceso al Monasterio del Parral	Rotura de muro de contención e interrupción del tráfico
Años 90s	Desprendimientos y vuelcos	Carretera de Madrona	Afecciones a infraviviendas

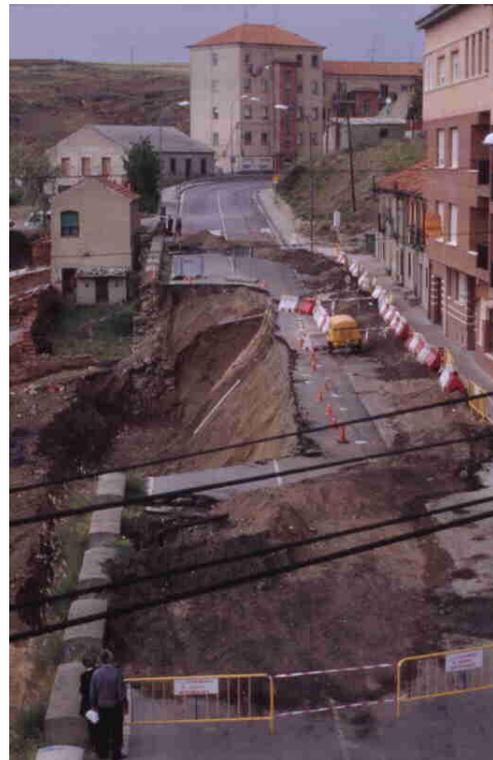
Tabla III. Relación de algunos de los movimientos de ladera a finales del siglo XX en el entorno de Segovia.

Fecha	Tipo de movimiento	Localización	Afecciones
Marzo y abril de 2003	Deslizamientos rotacionales y colapsos de cavidades formadas por sufusión ( <i>piping</i> )	Carretera de acceso entre el Sotillo y La Lastrilla	Dstrucción de la plataforma de la carretera, y cortes de tráfico durante varios meses
3 de mayo de 2003	Caídas de rocas carbonáticas	Taludes de la carretera SG-312 (Cuesta de los Hoyos)	Corte de tráfico durante tres meses, debido a las obras de estabilización
31 de agosto de 2003			
24 de mayo de 2004	Caídas de rocas carbonáticas	Taludes de la carretera SG-312 (Cuesta de los Hoyos)	Rocas atrapadas en las mallas de protección
7 de abril de 2005	Caídas y desprendimientos de rocas carbonáticas	Peñas Grajeras	Dstrucción del edificio anejo al Santuario de La Fuencisla. Tres monjas heridas
23 de abril de 2005	Caídas y desplomes de rocas carbonáticas	Entrada a la alameda de La Fuencisla desde la carretera de Arévalo	Daños a un coche que circulaba
27 de octubre de 2005	Desprendimientos de rocas gnéicas	Circunvalación SG-20	Corte de un carril al tráfico
27 de febrero de 2006	Desprendimientos de rocas gnéicas	Vía Roma	Interrupción del tráfico
5 de octubre de 2007	Caída y desprendimiento de rocas carbonáticas	Sector de muralla entre el postigo de San Juan y la trasera del colegio Fray Juan de la Cruz	Afección a la base de un cubo de la muralla
13 de mayo de 2008	Caídas y desplomes de rocas carbonáticas	Entrada a la alameda de La Fuencisla desde la carretera de Arévalo	Cortes al tráfico rodado y la circulación de peatones
20 de julio de 2008	Caídas y desplomes de rocas carbonáticas	Entrada a la alameda de La Fuencisla desde la carretera de Arévalo	Cortes al tráfico rodado y la circulación de peatones
10 de diciembre de 2008	Caída de un bloque de rocas carbonáticas	Taludes de la carretera SG-312 (Cuesta de los Hoyos)	Ocupación de la cuneta y arcén de la carretera
22 de noviembre de 2010	Desprendimiento de un gran bloque de rocas carbonáticas	Taludes de la carretera SG-312 (Cuesta de los Hoyos)	Un mes de corte de la carretera y 80.000 euros de reparación
16 de agosto de 2012	Caída de tres pequeños bloques de rocas carbonáticas	Inmediaciones de la fuente de La Fuencisla	Vallado de la fuente y retirada de vegetación arbórea de la berma del talud.
1 de octubre de 2012	Caída de un pequeño bloque de roca carbonática	Patio interior del Santuario de La Fuencisla	Ninguna significativa
5 de noviembre de 2012	Caída de varios sillares de un muro bajo la muralla	Trasera de la Casa de la Química	Daños a la vegetación y corte dos días del paseo del Clamores
12 de abril de 2013	Caída de un bloque pequeño desde Peñas Grajeras	Pie de la fuente de La Fuencisla	Retirada del bloque y revisión por los bomberos.
25-26 de diciembre de 2013	Caída de un bloque de roca de 6 m <sup>3</sup>	Paseo del Valle del Clamores	Disgregación y retirada del paseo.
04 de julio de 2017	Caída de un bloque de roca	Paseo del Valle del Clamores (pte. Piojo)	Disgregación y retirada de bloques del paseo (4,7 m <sup>3</sup> , según La Unidad Especial).
Marzo de 2018	Desprendimiento de rocas y tierras	Trasera del CEIP Carlos de Lecea	Vallado de la cabecera y gran acumulación de bloques y tierras en el talud del pie
	Desprendimiento de rocas y tierras	Carretera de El Sotillo a La Lastrilla	Afección a la acera, carretera y taludes, con corte del tráfico
	Desprendimiento de rocas	Trasera de la Escuela de Capacitación Agraria	Bloques métricos acumulados al pie de ladera y afección al camino de Lobones
	Desprendimiento de rocas	Valle del Clamores, talud izquierdo frente a la Hontanilla	Bloques y árboles caídos en un solapo que es utilizada por jóvenes como área estancial
	Flujo de barro	Ladera de la Cuesta de Santa Lucía a la huerta del Baño	Afecciones a las sendas y caminos peatonales de la ladera y la vegetación
Abril de 2018	Desprendimiento de tierras	Cuesta de los Hoyos	Invasión parcial de la calzada
	Desprendimiento de tierras	Talud de la Circunvalación SG-20 en el túnel del vial interpolígonos	Afección mínima a la obra
	Desprendimiento de rocas	Base de la muralla interior en la puerta de S. Cebrián	Bloques próximos a la calzada
Octubre 2018	Desprendimiento de rocas	Valle del Clamores bajo el Alcázar	Bloques en el lateral de la senda peatonal
27 de agosto de 2019	Colapso por sufusión tras avenida súbita en el colector de saneamiento	Barrio de San Millán	Daños en calle, acera y cimentación de edificio y dos vehículos siniestrados.

Tabla IV. Relación de algunos de los movimientos de ladera recientes (siglo XXI) en el entorno de Segovia.



Figura 26. Imágenes de algunos de los movimientos de ladera recientes en el entorno de la Ciudad de Segovia, recogidos en la tabla IV, todos ellos acontecidos en la década de 1990.



## Advierten del grave riesgo de desplome de una ladera sobre dos casas de un poblado chabolista

S.A. El portavoz de la comunidad gitana de Segovia, Rafael Miranda, advirtió ayer del grave riesgo de derrumbamiento de parte de la ladera que rodea el poblado chabolista de la carretera de Madrona, que amenaza a dos viviendas de este núcleo, donde viven dos matrimonios jóvenes, cada uno con un hijo.

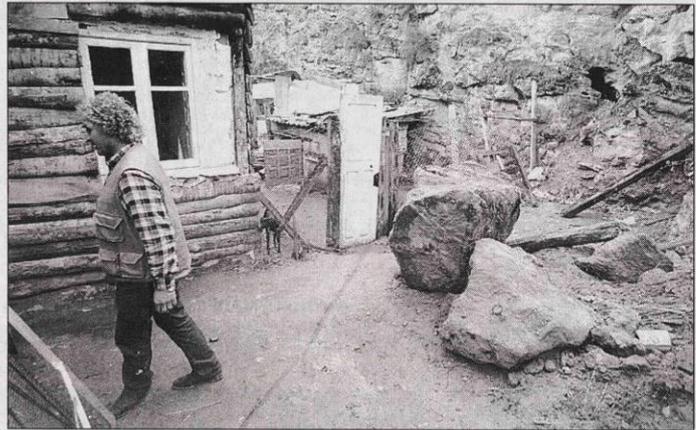
Diversos técnicos municipales, y agentes del cuerpo de Bomberos y de la Policía Municipal se personaron en el lugar el pasado viernes, aunque hasta el momento desde el Ayuntamiento no se ha adoptado aún ninguna medida al respecto, según explicó Miranda.

En opinión del representante de la comunidad gitana, es precisa una intervención urgente para evitar "un desastre", según sus propias palabras, y con independencia de que se acometen las medidas que eviten el derrumbamiento, "lo lógico

y lo más prudente" es que estas familias abandonen las casas y el Ayuntamiento las realoje en las diversas viviendas que tiene para estos casos a lo largo de la ciudad, como en la travesía de la Dehesa, que "aunque son unas casas que son algo viejas, están ahora cerradas y sin darlas ningún uso".

Miranda explicó que el alcalde de la ciudad, José Antonio López Arranz, tiene conocimiento de este problema desde hace más de 25 días cuando le trasladó una solicitud para mantener una reunión de la que aún el portavoz de la comunidad gitana no ha recibido respuesta.

Asimismo, la queja ha sido presentada ante el Procurador del Común, Manuel García Álvarez, con quien Miranda pretendió entrevistarse la pasada semana, una reunión que tampoco ha podido celebrarse porque el responsable de la institución no pudo desplazarse a Segovia, combaleciente de un pe-



Rafael Miranda, junto a la ladera que amenaza con derrumbarse sobre las viviendas / PEÑALOSA

queño accidente. Miranda reiteró su petición de que estas familias sean realojadas de forma provisional en otras viviendas porque "esto no es ningún capricho sino una verdadera necesidad".

Fuentes del cuerpo de Bomberos confirmaron la presencia el pasado viernes de varios agentes, policías locales y técnicos municipales, aunque eludieron hacer ningún comentario sobre el asunto. Asimismo,

fuentes municipales consultadas por esta Redacción aseguraron que el Ayuntamiento ya tenía conocimiento sobre el problema, recordando la "ilegalidad" de las viviendas del poblado.

CARRETERAS

## La consolidación del talud de la Cuesta de los Hoyos ha costado 80.000 euros

El delegado territorial de la Junta, Luciano Municio, afirma que se ha limpiado y reafirmado toda la malla que protege la carretera "para no intervenir en un período de tiempo largo".

J.H. - Segovia | 31/12/2010



El tráfico se restableció el pasado miércoles en la Cuesta de los Hoyos, después de 37 días intensos de trabajo. /JUAN MARTÍN

Las obras de consolidación del talud de la Cuesta de los Hoyos han supuesto un coste de unos 80.000 euros, según explicó ayer en rueda de prensa el delegado territorial de la [Junta de Castilla y León, Luciano Municio](#), quien valoró el "esfuerzo extraordinario" que se ha hecho en esta actuación para garantizar la seguridad de bienes y personas y anteponerlos a cualquier interés. Acompañado del jefe de la sección de Conservación de [Carreteras](#), Carlos Díez Barrio, Municio compareció ayer ante los medios de comunicación para explicar en qué han consistido las obras de apuntalamiento del talud de la Cuesta de los Hoyos, del que el pasado 22 de noviembre se desprendió una roca de casi cuatro toneladas que obligó a cortar el tráfico hasta el miércoles. El delegado territorial señaló que "han sido 37 días de trabajos, en una intervención compleja, teniendo en cuenta que se ha llevado a cabo en un período de fiestas, como las del puente de diciembre, y en las Navidades, con algunos problemas para gestionar las labores, para lo que se han alargado las jornadas laborales".

Municio añadió que la climatología también ha sido adversa, con la complicaciones que conlleva hielo, "pero gracias a los medios materiales específicos empleados y al personal cualificado, se han podido concluir en el menor tiempo posible". En este sentido, [Luciano Municio](#) quiso agradecer el esfuerzo realizado por el personal y las instituciones que han participado en la actuación, como el personal de Conservación de [Carreteras](#), los Bomberos y la Policía Local de Segovia, los

SUCESOS

## Una roca cayó al interior de un patio del santuario de La Fuencisla

Las raíces de una higuera y las últimas lluvias debieron propiciar el desplome de la piedra

02-10-2012 Guillermo Herrero - SEGOVIA



Roca, destrozada, que cayó ayer a un patio interior del santuario de La Fuencisla. / Juan Martín

Una roca cayó en la mañana de ayer al interior de un pequeño patio interior del santuario de La Fuencisla, suceso que tuvo lugar coincidiendo con el momento en el que se estaba procediendo a la colocación de la patrona de Segovia en su trono. Según indicó el delegado de [Patrimonio](#) de la Diócesis de Segovia, Miguel Ángel Barbado, el desprendimiento provocó "un gran ruido", por lo que los presentes en el templo se apresuraron en indagar de dónde procedía descubriendo que el estruendo había sido originado por la roca destrozada por el impacto con el suelo en el

Figura 27. Recortes de prensa de algunas noticias aparecidas en el diario El Adelantado de Segovia sobre los movimientos de ladera recientes recogidos en la tabla IV.

## PARADA 2. Colapsos y hundimientos por sufusión en la Cuesta de Santa Lucía

En los primeros días del mes de noviembre de 2000, y sin haberse detectado suceso alguno con antelación, se produjeron repentinamente dos hundimientos en la ladera de la Cuesta de Sta. Lucía (figuras 28 y 29), entre las calles del Paseo de Santo Domingo y Cardenal Zúñiga (Segovia). La espectacularidad del fenómeno, junto a las afecciones ocasionadas a un espacio ajardinado periurbano (pies arbóreos, enlosados de escaleras, conducciones de riego, etc.) y el riesgo potencial que supone para los usuarios del parque, llevaron a los técnicos municipales a proceder a la delimitación perimetral y vallado de los huecos.



Figura 28. Vista lateral del menor de los colapsos de la Cuesta de Santa Lucía.



Figura 29. Vista lateral del mayor de los colapsos de la Cuesta de Santa Lucía.

Geológicamente se han desarrollado en litologías arcillo-arenosas (cuarzoarenitas y arcillas illíticas) de la formación "Arenas y arcillas de Segovia", con características facies Utrillas, depositadas en medios aluviales-litorales durante el Cretácico superior. Con carácter irregular en espesor y disposición, cubren estos materiales una serie de aglomerados de bloques y cantos calco-dolomíticos empastados en matriz areno-limosa, que corresponden a materiales coluvionales. También puntualmente existen acumulaciones de origen antrópico, asociadas a terraplenes y pedraplenes procedentes del desmonte del paseo de Santo Domingo y el vertido de escombros urbanos (figura 30). Todo el conjunto se encuentra abancalado y cubierto por delgados suelos vegetados, con lo que la distribución espacial de las litologías aflorantes es compleja de reconstruir sin recurrir a perforaciones mecánicas.

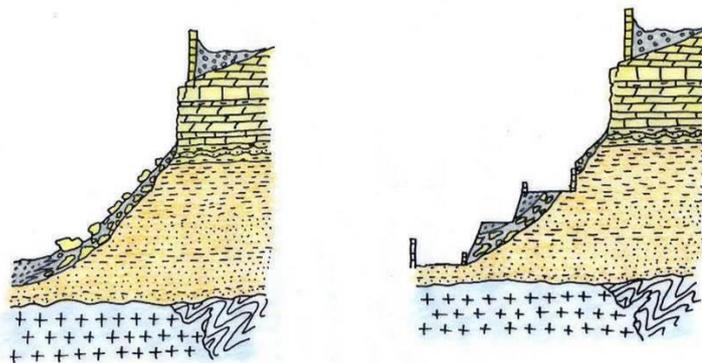


Figura 30. La ladera de fuerte pendiente está cubierta por una serie de materiales coluvionales. Puntualmente existen acumulaciones de origen antrópico asociadas a terraplenes y pedraplenes y vertidos de escombros. Todo el conjunto se encuentra abancalado y cubierto por delgados suelos vegetados.

A la vista de los indicios y observaciones, estamos en condiciones de asociar la formación de los hundimientos a un proceso geomorfológico denominado **sufusión** o sifonamiento (*piping* en terminología anglosajona).

Consiste en un proceso de circulación subsuperficial (baja profundidad) del agua infiltrada dentro de la zona no saturada (vadosa) aprovechando la porosidad de rocas detríticas no cementadas y escasamente consolidadas. La circulación de agua arrastra en dirección descendente y oblicua los elementos más finos de la matriz (arcillas y limos), dejando aislados y destrabados los bloques y gravas del esqueleto. Como consecuencia, se comienzan a agrandar los huecos de porosidad intergranular hasta el punto de llegar a constituir cavidades, siempre y cuando el aglomerado original fuera matriz-sostenido (figura 31).

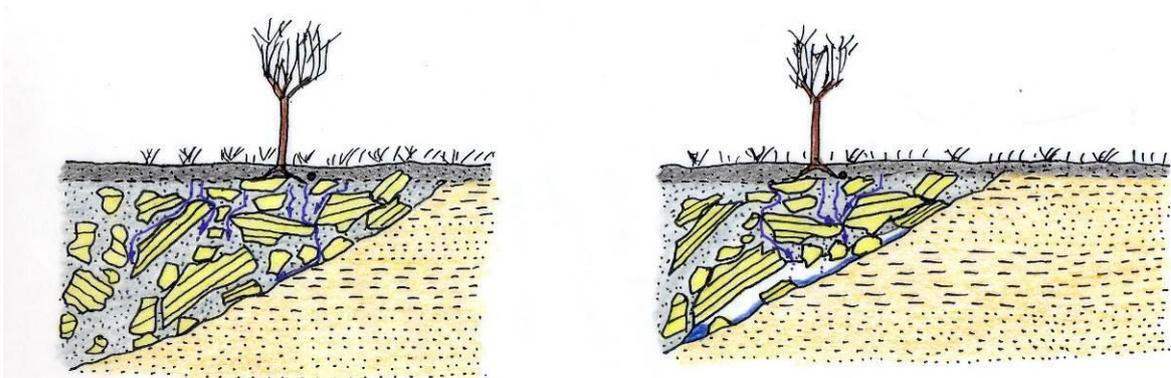


Figura 31. La infiltración de agua arrastra en dirección descendente y oblicua los elementos más finos de la matriz (arcillas y limos), dejando aislados y destrabados los bloques y gravas del esqueleto.

El agua subsuperficial, con la carga de finos en suspensión, continúa infiltrándose hasta encontrar un horizonte más impermeable, comenzando entonces un flujo oblicuo en dirección de la máxima pendiente. Si la superficie de diferente permeabilidad toca la superficie topográfica, en dicha zona se producirá una surgencia dispersa, en cuyo interior decantarán los materiales finos arrastrados.

La evolución continuada del proceso, en depósitos de abundante matriz, conlleva la formación de auténticas cavidades subsuperficiales, con procesos de desprendimiento de bloques desde el techo y acumulaciones en la base. Paralelamente, la corriente de agua subsuperficial, circulando en régimen vadoso por la base de la cavidad entre los bloques desprendidos, llega a horadar y encajarse por incisión lineal en el lecho menos permeable, llegando a formar pequeñas cárcavas y regueros.

Finalmente, el techo de la cavidad llega a ser tan inestable que se produce el desprendimiento, quedando los materiales del techo y paredes acumulados en el fondo de la depresión (figura 32). Buena prueba de ello es la aparición de bloques completos de suelo con césped en posición normal y volcados, pero en ambos casos como si hubiese sufrido un simple proceso de desprendimiento en la vertical.

Por ello, los hundimientos se asociarían al colapso de cavidades y conductos generados por un proceso de sufusión.

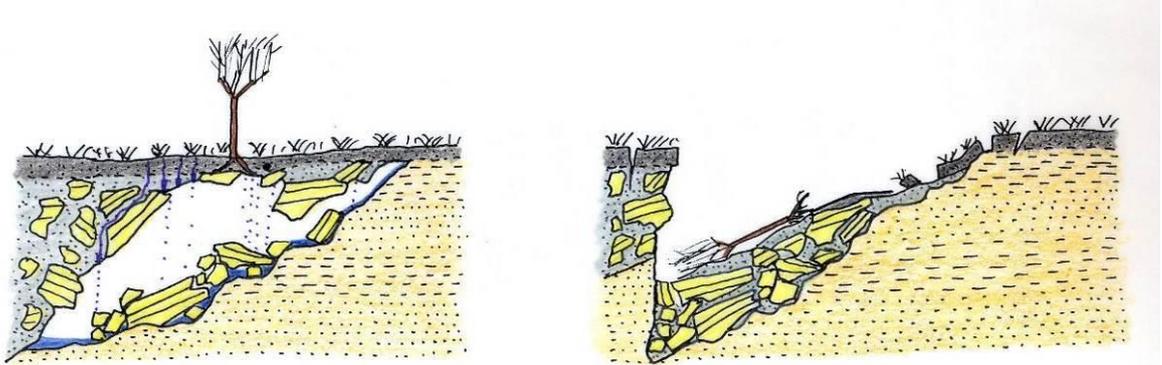


Figura 32. Comienzan a agrandarse los huecos de porosidad intergranular hasta constituir cavidades. La evolución continuada del proceso, en depósitos de abundante matriz, da lugar a colapsos y hundimientos por procesos de desprendimiento de bloques desde el techo y acumulaciones en la base.

Este proceso es harto frecuente en litologías areno-arcillosas, donde se ha citado el hundimiento de pequeños conductos y cavidades de sufusión como el origen del trazado actual de cárcavas y regueros superficiales. Asimismo, es habitual en los terraplenes y pedraplenes de la obra pública cuando no se ha hecho adecuadamente la mezcla granulométrica, no se ha compactado convenientemente, o se han diseñado inadecuadamente las pendientes o sistemas de drenaje.

## Corrección de los hundimientos

En vista de la peligrosidad que entraña el mantenimiento de los hundimientos se hace preciso emprender acciones correctoras para devolver la topografía a su situación original. Para ello es necesario proceder al relleno de los huecos con materiales externos. Previamente al relleno convendría vaciar el fondo de los materiales desprendidos (tierra, árboles, restos de conducción) y rebajar los taludes inestables (con grietas) adoptando pendientes de 1:1 en los bordes.

Una vez limpio el hueco, se debería instalar un sistema de drenaje en espina de pescado de tubo ranurado o perforado e inclinación en sentido de la pendiente, y posteriormente rellenar el hueco con materiales detríticos sueltos, silicatados y progresivamente más finos de abajo a arriba. De esta forma, sobre el drenaje se depositan bloques y gravas gruesas, y encima, gravas, arenas y tierra de textura franca.

Durante el proceso de relleno debe tenerse en cuenta la situación y reconstrucción de la conducción del sistema de riego automático, esta vez adecuadamente empalmado. Sobre la superficie del relleno se añadiría una capa de mantillo o tierra vegetal y se procede a un semillado o plantación de las especies vegetales; los pies arbóreos deben estar a una distancia adecuada de las conducciones del riego automático para evitar nuevas roturas.

## Prevención de nuevos fenómenos

Con objeto de evitar el desarrollo de nuevos hundimientos y minimizar los efectos de la sufusión, sería conveniente establecer mecanismos preventivos de diversa índole:

- a) Revisar las pérdidas y fugas en las conducciones del riego automático, con vistas a evitar nuevas concentraciones puntuales de caudales de infiltración. En caso de detectarse fugas, conexiones defectuosas o peligro potencial de atrape por raíces, debe procederse a su reparación.
- b) Adecuar los sistemas de drenaje superficial de la ladera, desobstruyendo las vaguadas y facilitando la circulación de escorrentía superficial mediante canalillos y cunetas, disminuyendo las tasas de infiltración de la precipitación.
- c) Instalar drenes artificiales de tipo californiano en las vaguadas y huecos donde se presume que se está desarrollando un fenómeno de sufusión. Consistirán en perforaciones de escaso diámetro subhorizontales (con ligera pendiente de dentro hacia fuera) que traten de capturar el agua que circula por las superficies internas de diferente permeabilidad mediante un tubo ranurado o perforado. Los puntos de afloramiento de estos drenes pueden ser aprovechados como manantiales naturales e integrarlos dentro de la estructura ajardinada, aunque con cuidado de no producir nuevos encharcamientos ladera abajo (figura 33).
- d) Vigilar puntualmente la aparición de nuevos hundimientos, mediante un plan de seguimiento y control. Asimismo, proceder al inmediato vallado perimetral, no sólo de la zona hundida, sino de buena parte de su contorno, principalmente aguas arriba y debajo de la vaguada o tramo de ladera en el que se ha desarrollado. Se trata de una zona de elevado riesgo, pues, aunque la peligrosidad es baja, existe una alta exposición y vulnerabilidad asociadas al alto número de personas que frecuentan la zona, sobre todo las noches de los fines de semana.

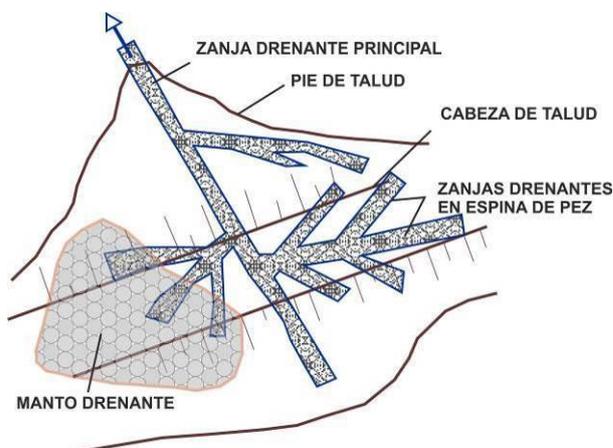


Figura 33. Sistema drenante con manto y zanjas en espina de pez. Basado en: [http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Tipos\\_drenajes\\_subterr%C3%A1neos](http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Tipos_drenajes_subterr%C3%A1neos)

### PARADA 3. Las inundaciones históricas en el monasterio de Santa María de los Huertos

El antiguo monasterio premostratense de Santa María de los Huertos se ubicaba en la llanura de inundación de la margen derecha del río Eresma a su paso por la Alameda del Parral, próximo a la denominada Huerta Grande (figuras 34, 35, 36 y 37).

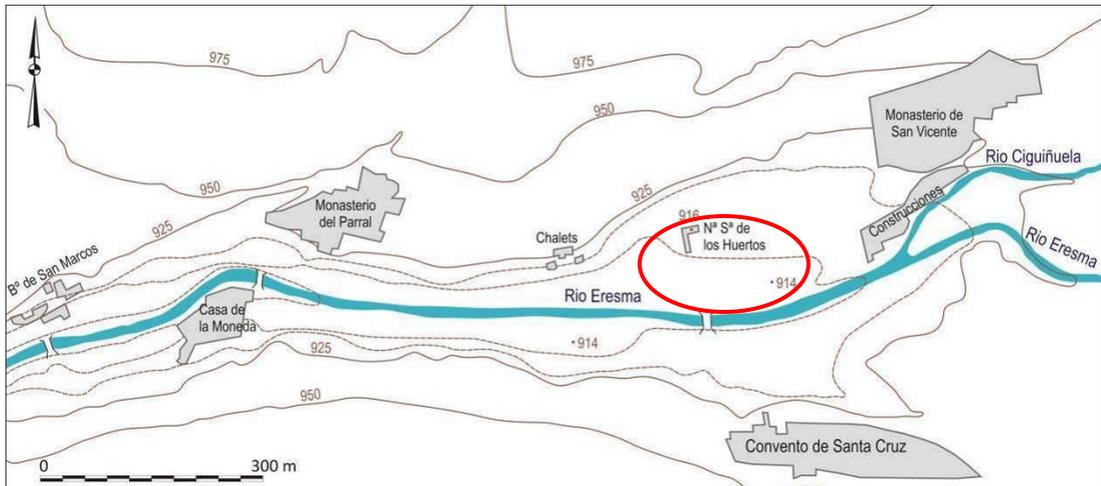


Figura 34. Croquis-plano de situación del antiguo monasterio de Santa María de los Huertos, rodeado por otros muchos edificios religiosos ubicados en el valle del Eresma.



Figura 35. Vista del tránsito del río Eresma por la Alameda del Parral. En el vértice inferior derecho de la foto, entre los árboles, se ubicaba el antiguo monasterio de Santa María de los Huertos y su huerto, ahora integrado en la Huerta Grande. Foto: Rodrigo Verdugo Vicente.

Este establecimiento religioso, ubicado allí desde la Baja Edad Media (López *et al.*, 2005), sufrió reiteradamente los efectos de las inundaciones por efecto del desbordamiento del río, hasta el punto de que condicionó el abandono definitivo de su ubicación original en el siglo XVII.

La inundación más antigua de la que se tiene noticia data del año 1304, siendo abad Arnaldo, a causa del desbordamiento del río Eresma, que "inundó la iglesia y claustros de él". Según la tradición, durante esta inundación se produjo el hecho milagroso de la llegada a la abadía de la imagen de Nuestra Señora de las Aguas, venerada desde entonces en la iglesia monasterial, depositada en la caja de marfil y plata en la que había llegado, actualmente propiedad de la Excm. Diputación Provincial de Segovia (figura 38). Aunque esta circunstancia ha sido puesta en duda a través de estudios histórico-artísticos de la talla (Bartolomé y Sánchez, 1996).

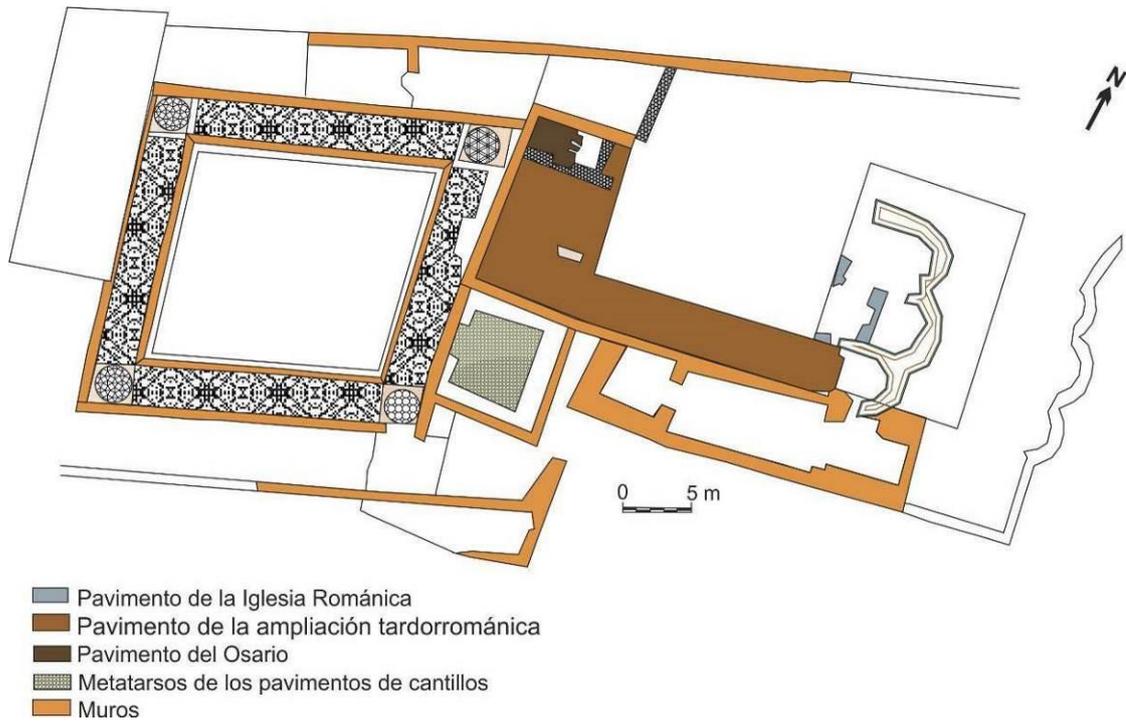


Figura 36. Plano general de las dependencias del monasterio de Santa María de los Huertos. Simplificado de López et al. (2005).

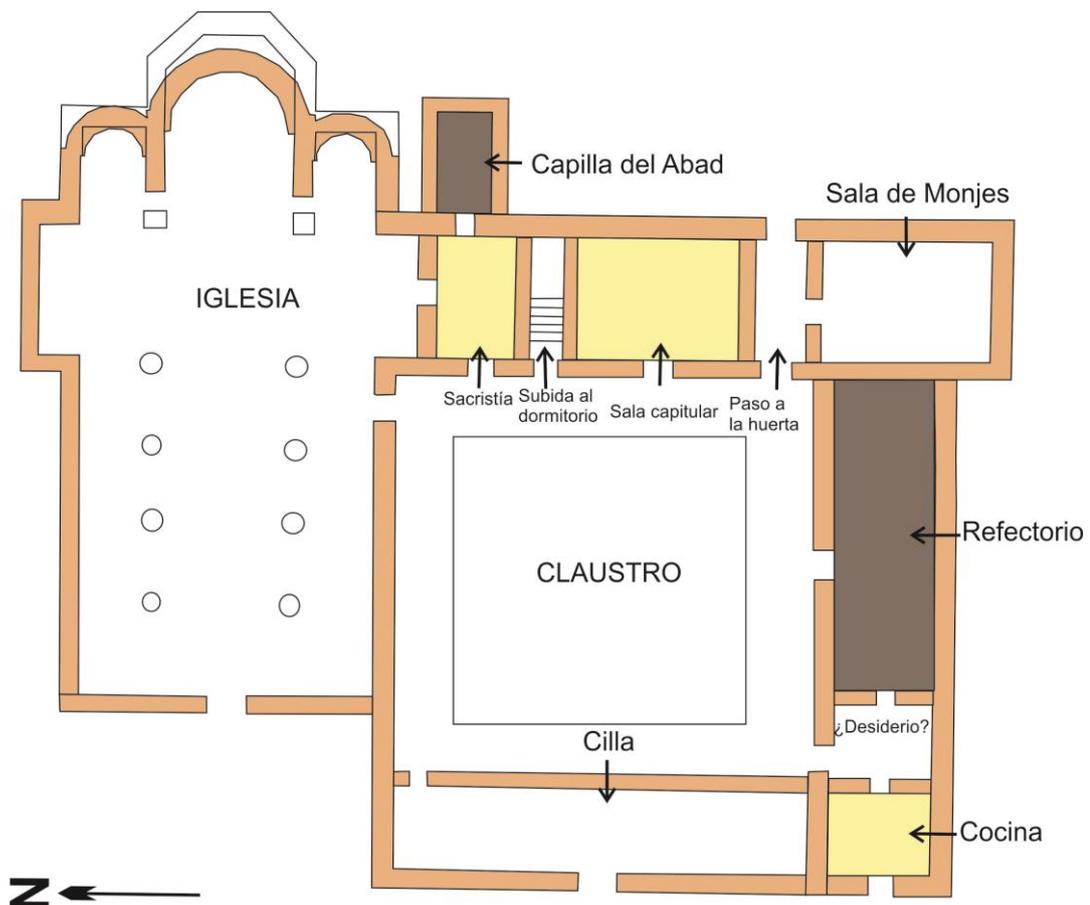


Figura 37. Plano general de un monasterio premonstratense tipo. Simplificado de López et al. (2005).

"Ay un testimonio en papel blanco del día i año en que llevo a nuestro convento antiguo la Milagrosissima y prodigiosissima ymagen de nuestra señora de las aguas. Asi llamada por aver venido en el Rio Eresma en tiempo que creçio tanto que hentro en nuestro dicho convento una barra en alto sobre el altar maior, y esta santa ymagen vino sobre las aguas en una caja de marfil guarnecida de plata y a des horas de la noche, acompañada de una creçida antorcha que pasmaba quantos la miraban y sin hundirse siendo materia tan pesada la de la Santa ymagen y la caxa. Y de esta suerte se entro en nuestra yglesia y al bajar el rio se quedo sobre el ara del altar maior como diçe el testimonio que tiene su fecha en [blanco]..."

(Libro del Beçerro..., fol. 7 vtº; Noriega, E. de, *Dissertatio apologetica...*, fol 138-139)

Tras la inundación del 25 de agosto de 1540, que alcanzó tres varas en la iglesia del monasterio (Colmenares, 1637), quizás las inundaciones mejor documentadas son las acontecidas a finales del siglo XVI e inicios del siglo XVII, agravadas por el recrecimiento del azud de la Casa de Moneda. La inundación de 1598 obligó a los frailes a abandonar el monasterio; y al año siguiente (1599) se produce una nueva inundación (Bullón, 1999). La de los primeros días de enero de 1627 debió de ser la más grave, ya que el nivel de las aguas se situó por encima de las gradas del altar mayor, teniendo los religiosos que ponerse a salvo saltando por la ventana. La detallada descripción que hizo el escribano de Segovia (D. Eugenio Velázquez) de la narración hecha por los monjes de la inundación de la víspera del Día de Difuntos del año 1629, contiene una pormenorizada relación de niveles de agua ("tres cuartas de vara") y su evolución a lo largo de los días que duró el anegamiento.

Las excavaciones arqueológicas realizadas por el actual propietario de la finca a finales de los años 90s, han permitido sacar a la luz el antiguo claustro e iglesia (López *et al.*, 2005), y reconocer los arranques de los muros (figura 39), con lo cual se podrían en un futuro próximo reconstruir los órdenes de magnitud de los caudales que produjeron dichas inundaciones, mediante modelaciones hidráulicas detalladas de esta zona.



Figura 38. Talla de la Virgen de las Aguas, una de las imágenes con advocación en el monasterio; consiste en una talla de marfil sobre olas de plata.



Figura 39. Restos del antiguo claustro y arranque de los muros del monasterio, que permiten reconstruir con precisión los niveles de inundación descritos.

Este registro documental de inundaciones ha servido de excusa para el diseño de un ejercicio práctico de análisis del riesgo de inundación, que se ha empleado para enseñar las técnicas básicas de análisis estadístico a alumnos universitarios, máster y postgrados y profesores de enseñanza secundaria (Díez Herrero, 2008b).

La frecuencia de inundaciones en el monasterio era tal que los monjes, hartos de sufrir repetidamente las consecuencias de las inundaciones, decidieron solicitar al Concejo de la Ciudad la cesión de unos nuevos terrenos, para ubicar el nuevo convento en una zona alejada del río y sus inundaciones. Así, en el siglo XVII se fundó un nuevo convento con el mismo nombre (Santa María de los Huertos), primero en las inmediaciones de Santa Eulalia, y luego en la parte más alta de la ciudad, próximo al torreón de Arias Dávila (figura 40). Las desamortizaciones del siglo XIX y las reformas en el urbanismo de la Ciudad hicieron que posteriormente fuera demolido, dando lugar a la conocida Plaza de los Huertos de Segovia (figura 41 y 42).

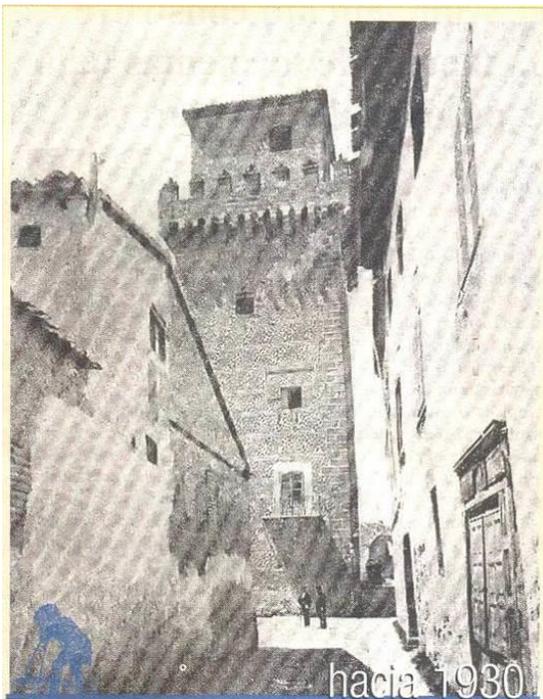


Figura 40. Fachada del antiguo monasterio de Santa María de los Huertos en su tercera ubicación, cerca del torreón de Arias Dávila (al fondo), hacia el año 1930. Fuente: Gente de Segovia.



Figura 41. Aspecto de la actual Plaza de los Huertos, donde se ubicó el convento trasladado.



Figura 42. Placa en la que se alude al origen del nombre de la Plaza.

Ya en la época contemporánea, el culto a la Virgen de las Aguas continuó tras las desamortizaciones que desembocaron con la imagen en los fondos de la Diputación de Segovia, y actualmente expuesta en el museo diocesano de arte religioso del Palacio Episcopal, donde sigue siendo venerada por los fieles, que han llegado a componer poemas (García Velázquez, 2020) en los que se alude a su relación con las inundaciones:

### NUESTRA SEÑORA DE LAS AGUAS (SEGOVIA)

No siempre puede la historia  
dar crédito a la leyenda,  
aunque esta corresponda  
con testimonios de prueba:  
a su paso por Segovia,  
está el **valle del Eresma**,  
donde en edades remotas  
un monasterio se encuentra;  
de una **inundación notoria**,  
da testimonio la iglesia,  
por la **crecida furiosa**  
que el abad Arnaldo cuenta.

La tradición se remonta  
siglos atrás: nos presenta  
esa forma milagrosa  
en que una Virgen encuentran;  
con el nombre a la **Señora  
de las Aguas** se venera,  
si bien luego su memoria  
con el tiempo se nos pierda.  
Hoy nos queda la graciosa  
talla, que, con marfil hecha,  
en actitud cariñosa  
Niño y Madre representa.

## PARADA 4. Deslizamiento rotacional complejo de la Huerta Grande

En las inmediaciones de la Alameda del Parral, en la margen derecha del río sobre esta localización, aparece un extenso deslizamiento complejo. Su coronación se desarrolla sobre litologías carbonáticas, a modo de anfiteatro, en la cual se producen pequeños desprendimientos por descalce y vuelcos. La masa deslizada afecta a materiales arenosos y arcillosos que se extiende hasta la llanura de inundación del río Eresma, y en ella se observan terracetas, grietas y fenómenos de encharcamiento (figuras 43 y 44). Se trata de un deslizamiento antiguo, actualmente estabilizado, salvo pequeñas caídas en la coronación.



Figura 43. Vista aérea lateral del deslizamiento de la Huerta Grande. Foto: Rodrigo Verdugo Vicente.

La cabecera de este deslizamiento y otros colindantes en la ladera derecha del valle del Eresma han condicionado la existencia y conservación parcial de varios yacimientos arqueológicos paleolíticos, ubicados en pequeños replanos al pie de los escarpes (peñas) y que no han sido afectados por las cabeceras de los deslizamientos, como el denominado Peña de Santana, que está siendo actualmente objeto de investigación por el equipo del proyecto Primeros Pobladores de Segovia ([www.primerospobladoresdesegovia.com](http://www.primerospobladoresdesegovia.com)).



Figura 44. Vista lateral de la lengua y pie vegetados del deslizamiento de la Huerta Grande. Foto: Rodrigo Verdugo Vicente.

## PARADA 5. Las inundaciones históricas y recientes en la Casa de Moneda

A finales del siglo XVI, a propuesta del rey Felipe II, se decide construir una nueva casa de acuñamiento de moneda en Segovia, esta vez ubicada en las proximidades del río Eresma para aprovechar la fuerza motriz de su caudal. Se decide aprovechar parte de las instalaciones de un antiguo molino de papel y harina ubicado frente al Monasterio del Parral (figura 45).



Figura 45. Fragmento de uno de los dibujos de Segovia realizados por Antón Van den Wyngaerde en 1562, donde se aprecia el antiguo molino de papel de Antonio de San Millán (flecha roja), elegido para ubicar el Real Ingenio.

El Nuevo Real Ingenio de la Moneda de Segovia (1583) era propiedad particular del Rey, gobernado por Real Junta de Obras y Bosques –administración interna de la Casa Real- y siempre acuñó con técnicas mecanizadas, nunca a martillo (Murray, 2006; Murray *et al.*, 2006; Murray, 2008). Por ello, está considerado como el edificio industrial en pie más antiguo del Mundo (figura 46).



Figura 46. Fotografía aérea oblicua del complejo del Real Ingenio de Moneda de Segovia antes del inicio de las obras de rehabilitación, donde se aprecia su proximidad y relación con el río Eresma. Tomada de Murray (2006).

Desde que se inició su construcción, y durante todo el periodo en el que se estuvo acuñando moneda, las interferencias de la actividad fabril con las periódicas crecidas del río fue continua, hasta el punto de detener e interrumpir buena parte de las actividades del Real Ingenio. Por ello se conserva una buena y completa relación de eventos de crecida y avenida del río que tuvieron incidencia en la acuñación, y cuya información se encuentra en el Archivo Histórico de Simancas. Esta relación de dependencia del río, no sólo para aprovechar su energía hidráulica, sino también por los trastornos que producen las inundaciones, ha continuado una vez finalizada su actividad de acuñamiento. El puente contiguo a la Casa de Moneda también sufrió los embates de las inundaciones, y tuvo que ser reparado al menos dos veces, en 1681 y en 1759 (Archivo Municipal de Segovia 1413-6; Bullón, 1999). Inundaciones históricas que se prolongan hasta nuestros días, incluso teniendo en consideración que en la cuenca alta del río Eresma se construyó el embalse del Pontón Alto, con cierta capacidad de regular y laminar las crecidas de bajos periodos de retorno; no así las grandes crecidas de alto periodo de retorno, puesto que suelen acontecer cuando la presa ya está completamente llena.

### ***Estudio dendrocronológico de maderas y los eventos históricos de inundación***

*(extracto modificado de los artículos de Génova et al., 2010 y 2011)*

Los análisis dendrocronológicos realizados en una cubierta de madera, descubierta en 2009 en los canales hidráulicos de la antigua Casa de Moneda de Segovia (siglo XVI), han permitido datar las fechas aproximadas de su instalación y/o reposición. Comparando estos datos con el registro documental de las obras de restauración en el edificio y con el inventario de inundaciones históricas en esa cuenca, se han podido correlacionar las fechas de las principales avenidas que afectaron al edificio entre los años 1583-90 y 1771.

En el mes de abril-mayo de 2009, durante las labores de investigación arqueológica en este complejo de la Casa de Moneda para su rehabilitación como museo, apareció en el lecho del antiguo canal (caz) un entarimado cubierto por una gran cantidad de escombros. Este entarimado, que cubría los antiguos canales en roca originalmente construidos a finales del siglo XVI (Juan de Herrera ca. 1583-1590), limitaba con otra estructura de mampostería y sillería suprayacente, que se corresponde con el denominado canal de Sabatini (ca. 1771). Se tiene constancia documental de que los elementos de madera del complejo han sido al menos seis veces sustituidos y reparados total o parcialmente en los años 1615, 1648, 1677-78, 1701, 1770-71 y 1861 (Murray, 2006 Murray *et al.*, 2006; Murray, 2008). Estas sustituciones se han debido tanto a simples obras de mejora, como a desperfectos producidos por eventos singulares de avenidas e inundaciones (figura 47).

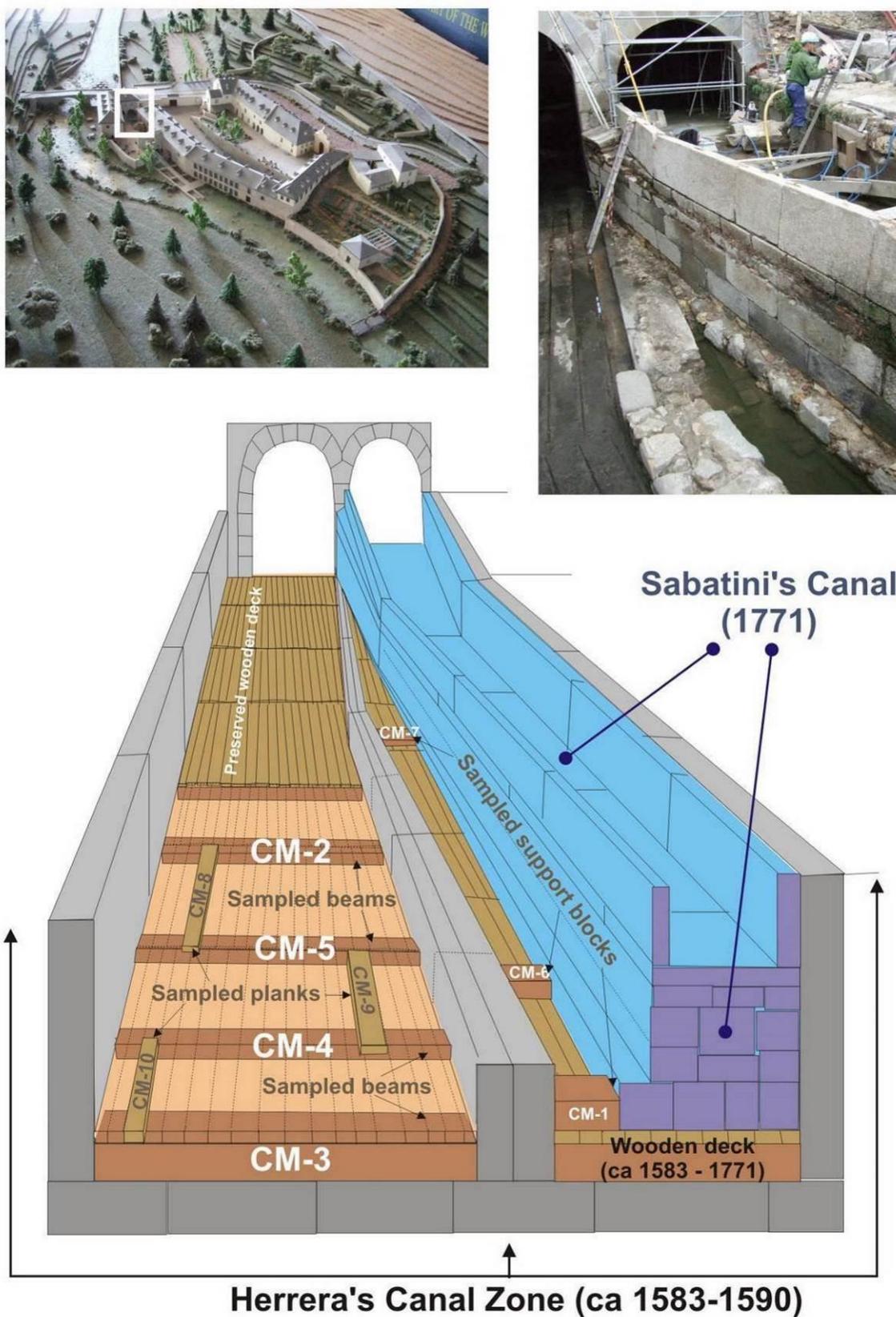


Figura 47. Maderas en los canales de la Real Casa de Moneda de Segovia: arriba, izquierda, maqueta de la Casa de Moneda con la ubicación del Canal de Herrera; arriba, derecha, obras de limpieza y reconstrucción del canal; abajo, dibujo esquemático del Canal de Herrera donde se muestran las partes dónde se tomaron datos para los análisis dendrocronológicos. Fuente: Génova et al. (2011).

Se tomaron muestras de 4 vigas durmientes, 3 tablones de la tarima y 3 tacos de fijación de la estructura del canal. La hipótesis de trabajo fue que al menos las vigas, por su elevada dimensión y menor tecnología para el aprovechamiento y transformación maderera de la época, proviene cada una de un árbol. Sobre la procedencia del resto de los elementos fueron de gran ayuda los análisis dendrocronológicos (figura 48). En total se obtuvieron 24 secciones transversales y posteriormente en laboratorio fueron secadas y pulidas. Para el conteo y medición de la anchura de los anillos, se empleó una mesa LINTAB bajo lupa binocular y la aplicación TSAP Win. Las secuencias de crecimiento obtenidas se sincronizaron entre sí, visual y estadísticamente, mediante las aplicaciones del programa citado y con el programa COFECHA. La datación final de las muestras se estableció utilizando la serie maestra de la Sierra de Guadarrama elaborada para el periodo 1513-1995.

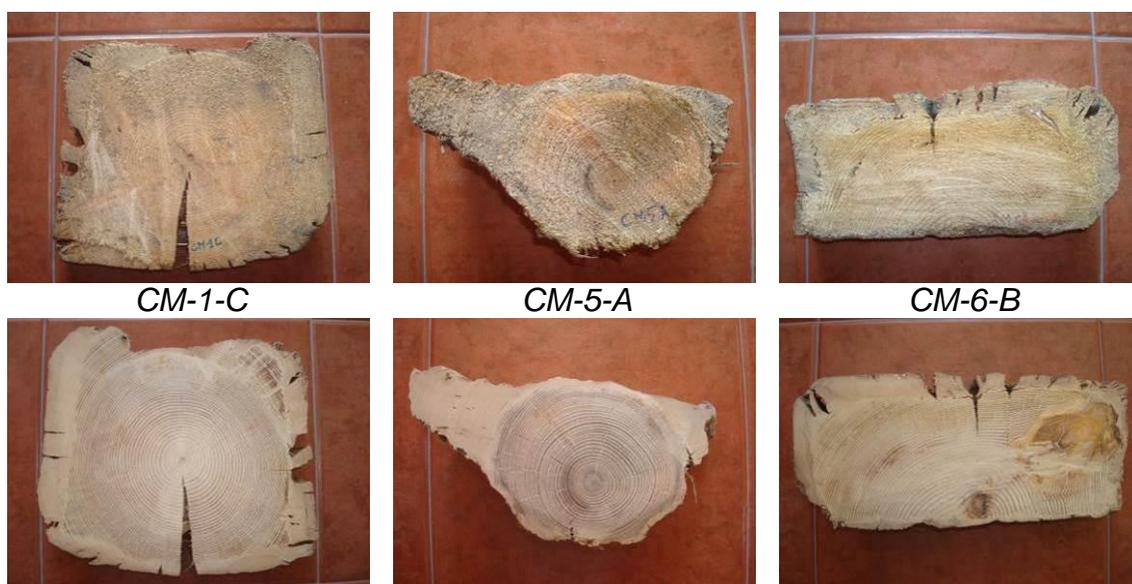


Figura 48. Aspecto de tres de las rodajas (secciones), antes y después del pulido de una de sus caras. Fuente: Génova et al. (2011).

La investigación histórico-documental se hizo por procedimientos convencionales de búsqueda sistemática en archivos (AGP: Archivo General de Palacio; AGS: Archivo General de Simancas; AHMS: Archivo Histórico Militar de Segovia; AHPS: Archivo Histórico Provincial de Segovia; AMSg: Archivo Municipal de Segovia), bases de datos digitales (segoviamint), hemerotecas y publicaciones impresas; y tanto para la datación de obras de reparación en los canales (palabras clave: madera, pino, obra, Valsaín, canal, presa, etc.), como para las avenidas históricas (palabras clave: crecida, avenida, desbordamiento, etc.) (figuras 49, 50 y 51). Para cada evento de inundación histórica detectado, se anotó la fecha, periodo y estimación de la magnitud del evento o de los daños ocasionados. Especial hincapié se puso en

la documentación de las obras de reparación con referencia expresa de los daños en los canales producidos por eventos de inundación, como el escrito de 1678 en el que se cita expresamente que la obra se hace "...por que lo referido esta mal tratado por averse entrado las abenidas del rio...".



Figura 49. Conteo y medición de la anchura de los anillos en varios radios de una misma rodaja con el empleo de la mesa de medición LINTAB™. Fuente: Génova et al. (2011).

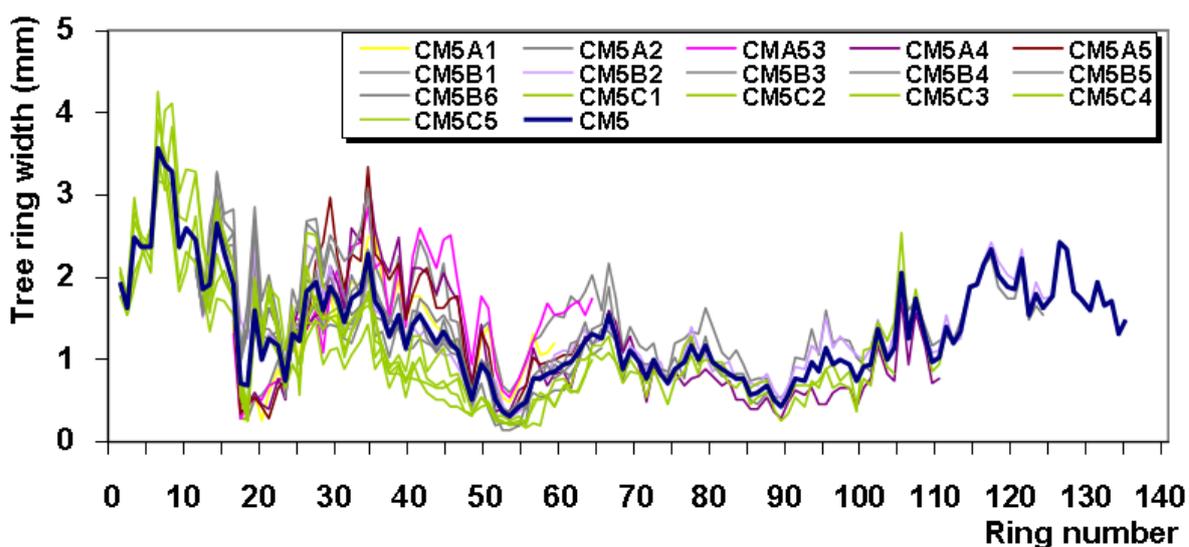


Figura 50. Correlación de las series de espesores de los anillos de crecimiento de las piezas de madera analizadas en la tarima del canal de la Real Casa de Moneda de Segovia. Fuente: Génova et al. (2011).

En las dataciones de los anillos más externos, correspondientes con fechas más próximas al momento de la tala de los árboles, parecen reconocerse tres poblaciones de fechas próximas entre sí (Tabla V): 1677-1678, 1690-1700 y 1713-1742.

ID	Radio máximo (mm)	Nº máximo de anillos de árbol	Rango de tiempo	Crecimiento promedio sobre el últimos 10 años (mm)	Número estimado de anillos	Fecha estimada de talado
CM1	178	99	1578-1676	0.6 ± 0.17	135 ± 4	1713
CM2	161	106	1584-1689	1.35 ± 0.26	136 ± 10	1720
CM3	192	161	1561-1721	0.4 ± 0.04	181 ± 0	1742
CM4	185	99	1562-1660	1.5 ± 0.39	115 ± 6	1677
CM5	186	135	1550-1684	1.8 ± 0.35	148 ± 5	1698
CM6	166	104	1566-1669	0.66 ± 0.17	155 ± 6	1721
CM7	162	103	1548-1650	0.77 ± 0.15	152 ± 6	1700
CM8	180	99	1559-1657	1 ± 0.26	119 ± 5	1678
CM9	176	149	1517-1665	0.96 ± 0.28	173 ± 7	1690

Tabla V. Piezas de madera de la tarima de los canales de la Real Casa de Moneda de Segovia (CMn): valores de radio máximo (mm), número máximo de anillos, intervalo temporal, crecimiento medio en los últimos 10 años (mm), número estimado de anillos y fecha estimada de talado. Fuente: Génova et al. (2011).

Ello podría marcar al menos dos o tres momentos de reposición de maderas que podrían asociarse a (figura 51): las reparaciones de 1648 después de los deterioros asociados a las inundaciones de 1626, 1627 y 1629; las reparaciones de 1678 y 1701, vinculadas a los daños de las avenidas de 1681 y 1695; y las reformas de 1770-71, en parte tras los daños de las avenidas de 1733 y 1759.

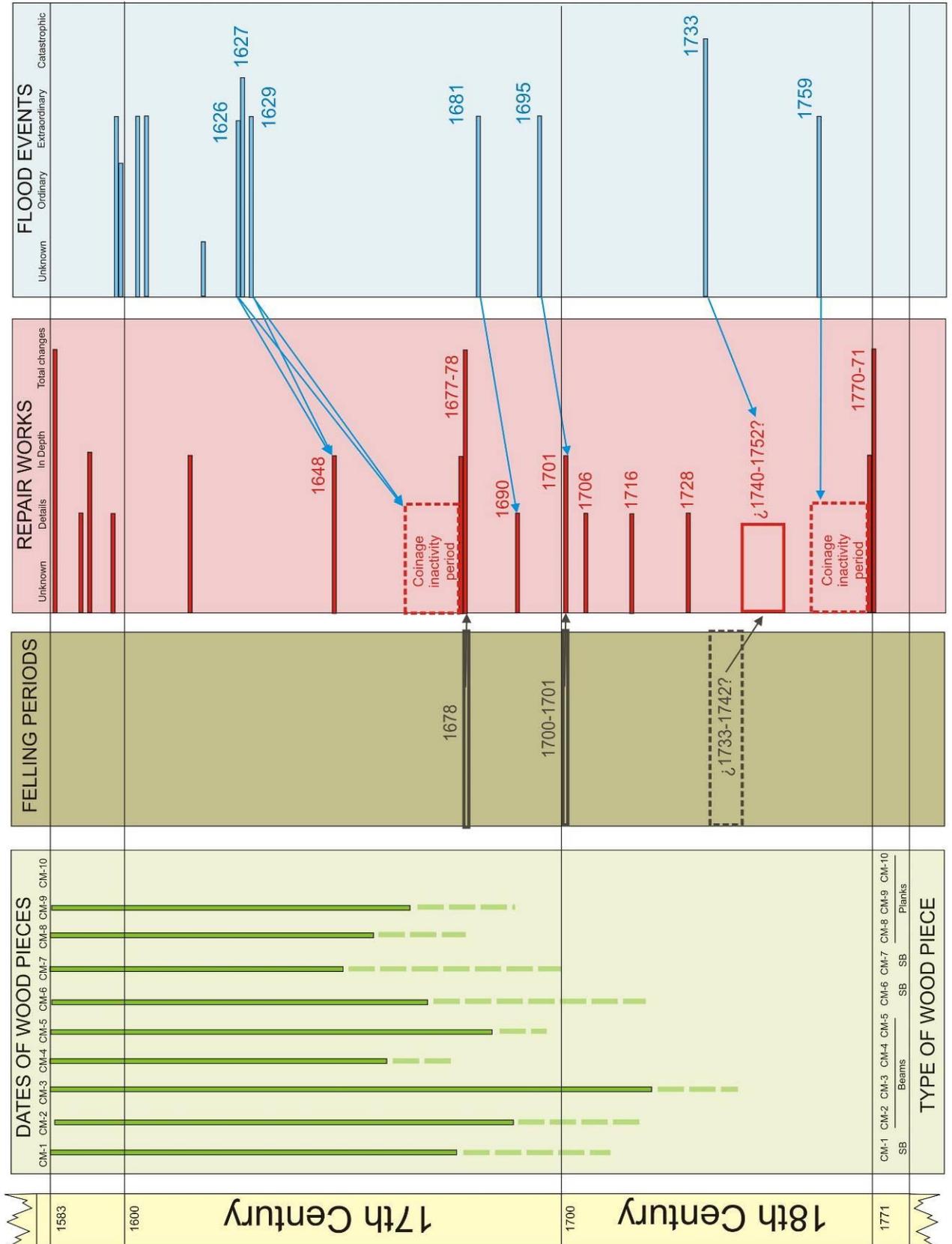


Figura 51. Gráfico de correlación entre las dataciones de las piezas de madera del entarimado de los canales de la Real Fábrica de Moneda, los periodos de talado de árboles, las obras de reparación y los principales eventos de avenidas e inundaciones. Fuente: Génova et al. (2011).

## **El registro de materiales detríticos de inundaciones recientes**

Durante las excavaciones arqueológicas realizadas en 2008 y 2009 para la rehabilitación del edificio, se pudieron estudiar depósitos dejados por crecidas recientes en las proximidades del denominado Ingenio Chico, junto al puente (figura 52; Díez Herrero, 2008a).

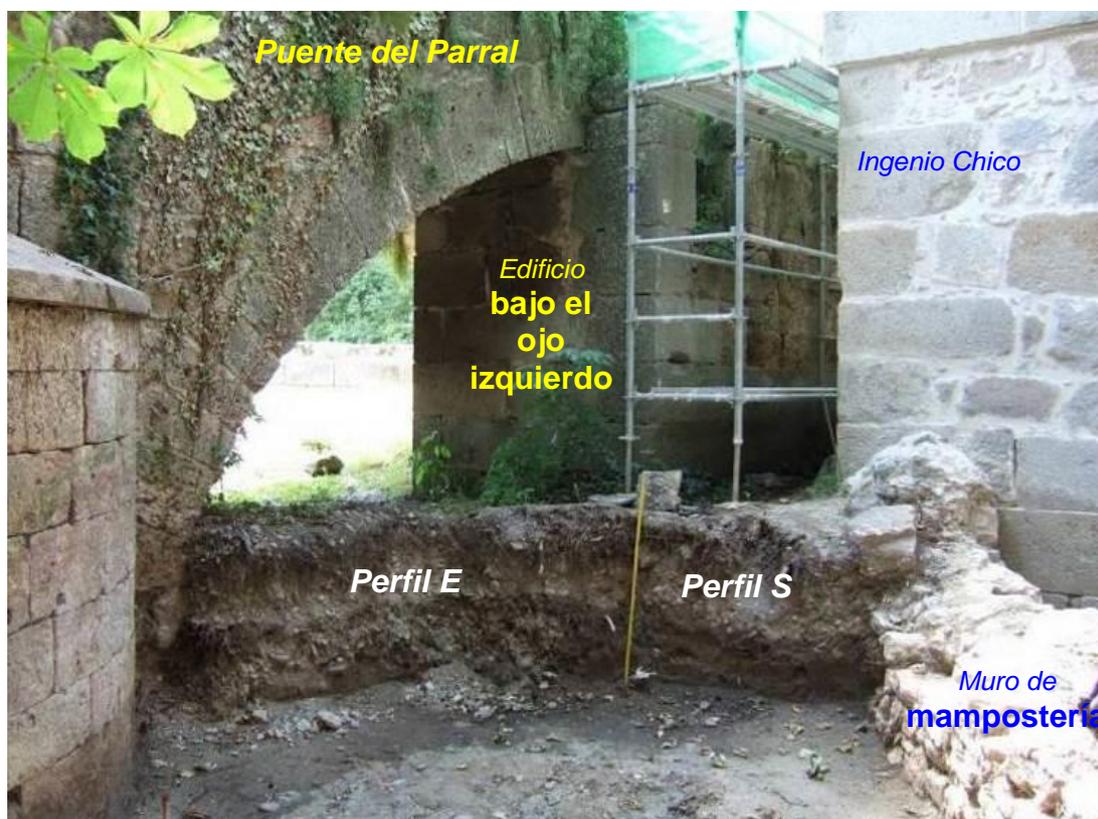


Figura 52. Detalle de la situación de los dos perfiles (E y S) de los depósitos de inundaciones históricas estudiados en las inmediaciones de la Casa de Moneda (Díez Herrero, 2008a).

Los dos depósitos de barras de gravas y cantos deben corresponder a momentos de alta energía, máxime cuando aguas arriba se sitúa el azud de la Casa de Moneda, que actúa como represa de la carga de fondo (figura 53). Por ello, lo más probable es que se depositaran durante eventos de crecidas y/o avenidas torrenciales del río Eresma, que superaran la capacidad de laminación y retención del azud, trasladando carga de fondo aguas abajo. Previo a esos eventos, la arroyada difusa de la ladera arrastraría arenas y limos hasta la margen izquierda del río, depositando un manto o cono en el que se apoyan los depósitos de barras.

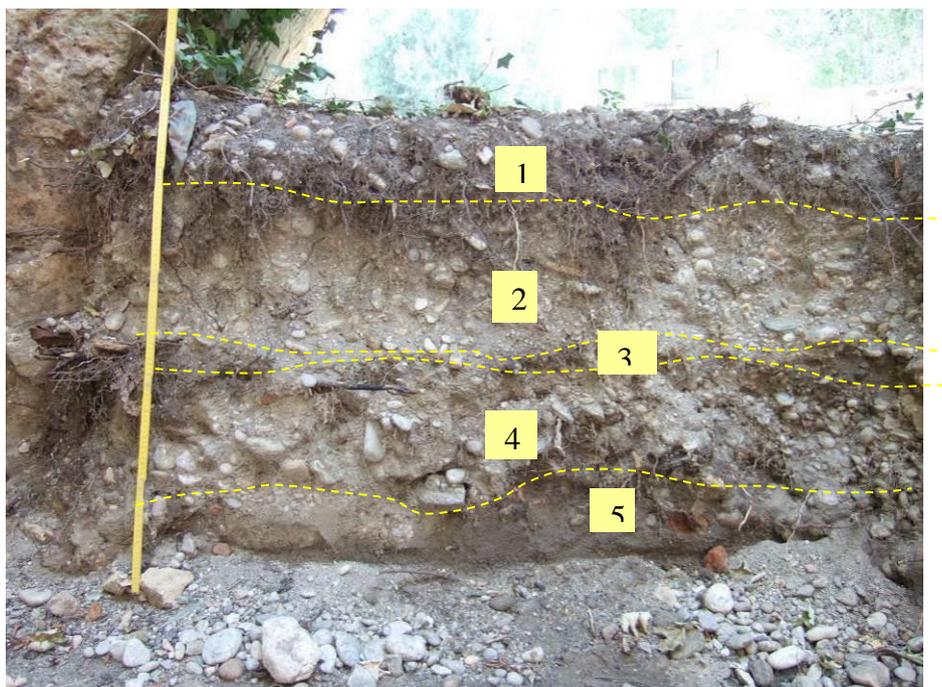


Figura 53. Perfil E de los depósitos de inundaciones históricas estudiados en las inmediaciones de la Casa de Moneda, donde se diferencian cinco niveles, correspondientes al menos a dos eventos de avenidas históricas del río Eresma (Díez Herrero, 2008a).

### **Las inundaciones en la Alameda del Parral de mediados del siglo XX**

También existe registro de las inundaciones ocurridas a mediados del siglo XX. En este caso, la fuente de información consultada ha sido principalmente la prensa local (figuras 54 y 55) y el Anuario de Aforos de la Confederación Hidrográfica del Duero.

El hecho de que estas inundaciones fueran publicadas pone de relevancia dos aspectos: por un lado que los eventos fueron de cierta magnitud y causaron ciertos daños y por ello fueron merecedores de ocupar un espacio en la prensa; y por otro, que las inundaciones en la Alameda del Parral se producen con cierta frecuencia e intensidad, quedando registrados varios eventos a lo largo de todo el siglo XX.





### Las inundaciones del Eresma de enero de 2009 en la Casa de Moneda

Durante los últimos días del mes de enero de 2009, tras un periodo de lluvias prolongadas y de fusión repentina de la nieve acumulada en la Sierra de Guadarrama, el río Eresma experimentó una avenida con un espectacular aumento de su caudal (figura 56), pasando de apenas 3 m<sup>3</sup>/s de caudal base del día 21 de enero, a un primer hidrograma de crecida de 35 m<sup>3</sup>/s el día 23 de enero (tiempo de crecida de 33 horas); y tras un periodo con curva de descenso entre los días 24 y 27 de enero en los que el caudal descendió hasta 14 m<sup>3</sup>/s, una segunda punta de crecida los días 28 y 29 de enero, que alcanzó los 55 m<sup>3</sup>/s (estimación inicial sin calibración).



Figura 56. Hidrograma de avenida del río Eresma en Segovia entre el 22 y 29 de enero de 2009, con dos puntas de caudal y los tiempos de crecida. Redelineado a partir del informe del Ayuntamiento de Segovia (García de Castro a partir de datos de la web de la Confederación Hidrográfica del Duero (sobre datos provisionales no validados).

Estos aumentos de caudal produjeron desbordamientos en diferentes puntos de las márgenes del cauce, pero principalmente en la cuenca alta-media a su paso por Segovia y Hontanares de Eresma, y en la cuenca baja en Coca. En el tramo que discurre por las proximidades de la ciudad de Segovia (figura 57), los desbordamientos más significativos afectaron a la Alameda del Parral y la zona de Los Viveros, y dentro del primer sector, fueron especialmente mediáticos y polémicos los efectos de las inundaciones en las instalaciones de la Casa de Moneda.

Este complejo, que se encontraba entonces en fase de restauración y rehabilitación para su conversión en un museo, se vio afectado únicamente en los canales y edificaciones más próximos al río, sobre todo el conocido como Ingenio Chico (figuras 58 y 59), en cuya planta baja el agua alcanzó más de medio metro de profundidad. Especialmente llamativo, además del anegamiento de los edificios e instalaciones, era la gran velocidad con la que circulaba el agua por el canal ordinario, con régimen turbulento próximo a crítico en algunos puntos.

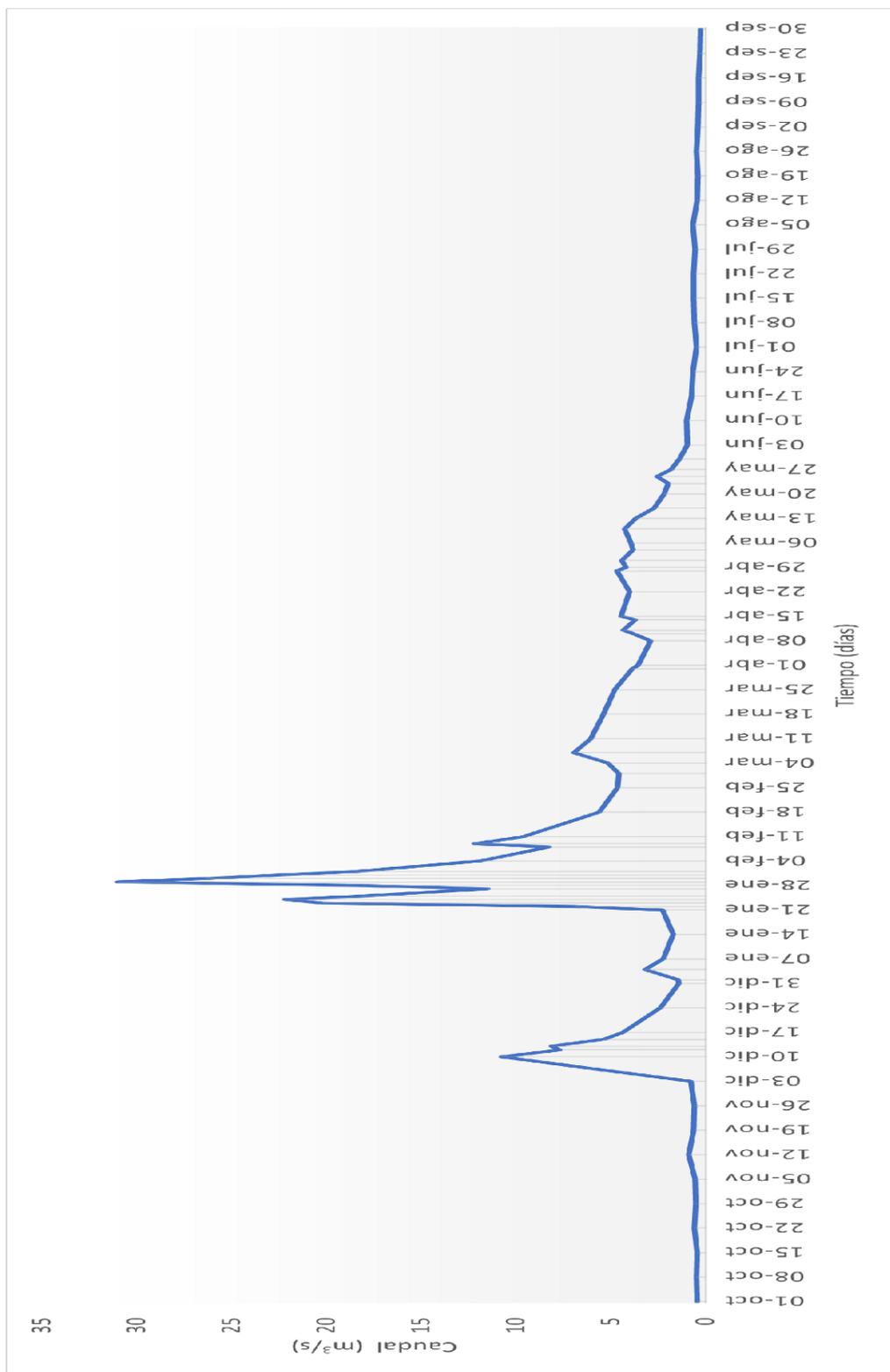


Figura 57. Hidrograma de la estación de aforos del río Eresma en Segovia correspondiente al año hidrológico 2008-2009 (línea azul Q vs tiempo), en el que se aprecian con claridad los eventos de crecida de diciembre de 2008 y enero-febrero 2009. Redelineada a partir de los datos del Anuario de aforos (Confederación Hidrográfica del Duero).



*Figura 58. El río Eresma desbordado a la altura de la Casa de Moneda, inundando el edificio del Ingenio Chico en la margen izquierda. 29 de enero de 2009.*



*Figura 59. Imágenes de los efectos de la inundación del Ingenio Chico de la Casa de Moneda, anegando algunos de los materiales empleados en la restauración. El Norte de Castilla.*

A raíz de estas inundaciones se suscitó una intensa polémica mediática entre diversos técnicos y políticos, sobre cuáles serían o deberían haber sido las medidas preventivas a adoptar para evitar dichas inundaciones y minimizarlas en el futuro. En este sentido, se han propuesto diversas medidas de índole estructural (dragado, eliminación de la vegetación de ribera, diques laterales, puertas y ventanas estanco), no siempre avaladas por estudios técnicos y científicos que garanticen su efectividad, viabilidad económica y sostenibilidad ambiental (García, 2009). La polémica aún continúa en la prensa escrita local y entre los representantes políticos de las diversas instituciones implicadas.

## **Las inundaciones del Eresma de marzo de 2013 en la Casa de Moneda**

Según la nota informativa de la AEMET (2013), el mes de marzo de 2013 fue extremadamente lluvioso en casi toda España, de forma que la precipitación media mensual a nivel nacional alcanzó el valor de 157 mm, lo que supera ampliamente el triple del valor normal del mes que es de 46 mm (periodo de referencia: 1971-2000). Se ha tratado del mes de marzo más húmedo en el conjunto de España de toda la serie iniciada en el año 1947, superando en 20 mm al mes de marzo de 1947, que había sido hasta la fecha el de precipitación media más elevada. Las precipitaciones acumuladas en marzo superaron el 300% del valor medio en toda España, con excepción de las regiones de la franja norte peninsular, así como las de la franja mediterránea, Baleares y parte de Canarias. En la tercera decena del mes se intensificaron las precipitaciones, especialmente en las regiones de la vertiente atlántica. Fueron especialmente intensas en Galicia, Extremadura, zonas montañosas de Andalucía y puntos de los Sistemas Ibérico y Central. En área del suroeste de Galicia y del oeste del Sistema Central las cantidades acumuladas en esta decena superaron los 200 mm.

En el caso particular de la cuenca alta del río Eresma aguas arriba de Segovia las precipitaciones fueron constantes y algunas en forma de nieve en la Sierra, destacando las intensidades registradas los días 24 a 27 de marzo que, según los datos recogidos por el sistema automático de información hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Duero (SAIH Duero; figura 60) para la cuenca aguas arriba del embalse del Pontón Alto, llegó a alcanzar puntas de precipitación de más de 4 l/m<sup>2</sup> en intervalos horarios; manteniendo durante buena parte de la tarde del día 26 de marzo, intensidades sostenidas superiores a 3 l/m<sup>2</sup>. Además, esta precipitación se produjo sobre parte de la cubierta nival acumulada los días previos hasta cotas relativamente bajas, lo que desencadenó su fusión repentina.

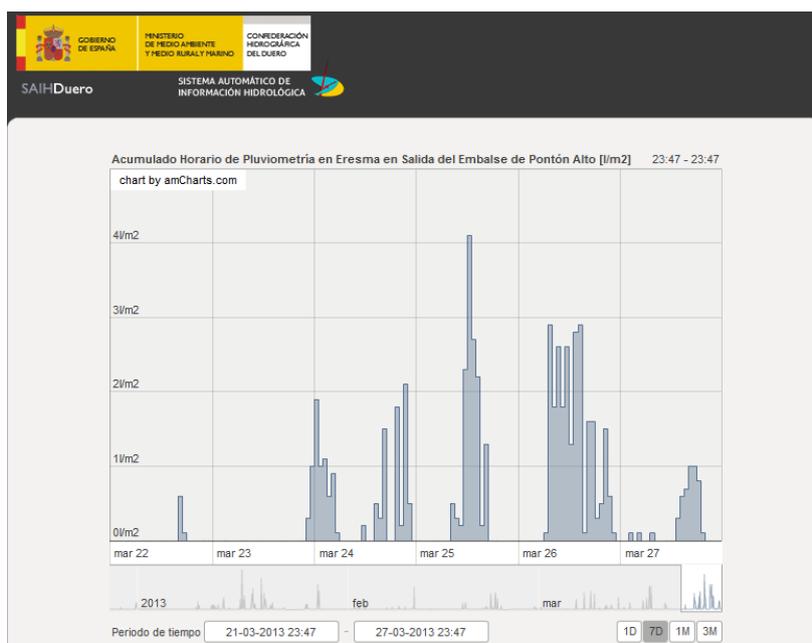


Figura 60. Hietograma acumulado horario, entre los días 22 a 27 de marzo de 2013, del pluviómetro situado en el embalse del Pontón Alto. Fuente: sistema automático de información hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Duero (SAIH Duero).

Como consecuencia de estas precipitaciones prolongadas previas que habían saturado el suelo superando con creces el umbral de escorrentía, las lluvias intensas y de la fusión repentina de la cobertera nival, los ríos incrementaron súbitamente sus caudales, pasando por ejemplo el río Eresma en Valsaín, de un caudal inferior a  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  el 25 de marzo a mediodía, a superar los  $17 \text{ m}^3/\text{s}$  el 26 de marzo a las 21:00 h; habiendo multiplicado el caudal por tres y medio en apenas unas horas de la tarde del 26 de marzo. El máximo lo alcanzó el día 29 de marzo con  $19,36 \text{ m}^3/\text{s}$ . Con el embalse del Pontón Alto completamente lleno y sin apenas capacidad de laminación de la onda de avenida, los caudales de vertido pasaron de ser menos de  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  los días 24 y 25 de marzo, a superar los  $33 \text{ m}^3/\text{s}$  la tarde-noche del día 26 de marzo; esto es, se multiplicaron por seis en apenas unas horas de este último día según los datos del SAIH Duero (figura 61).

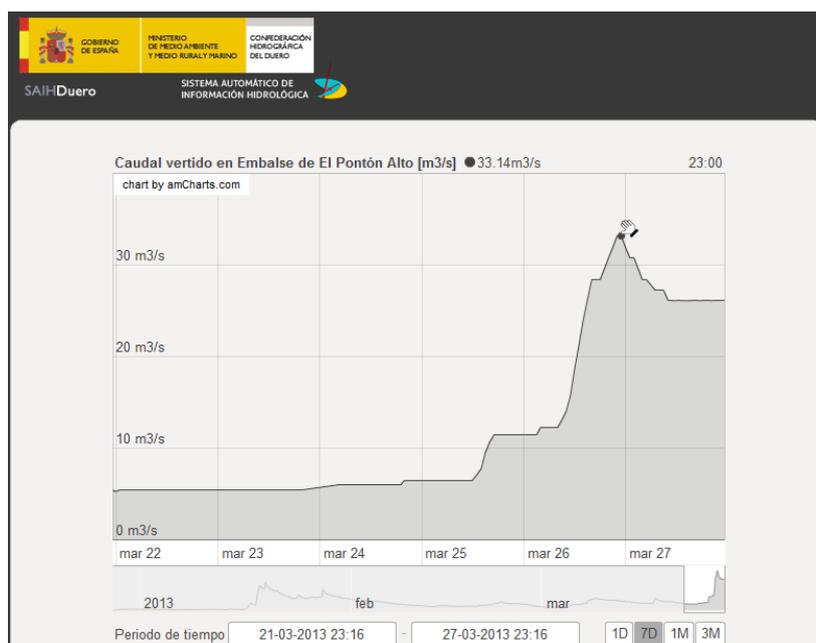


Figura 61. Hidrograma, entre los días 22 a 27 de marzo de 2013, del caudal vertido en el embalse del Pontón Alto. Fuente: sistema automático de información hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Duero (SAIH Duero).

A estos caudales de vertido del embalse del Pontón Alto se sumaron los afluentes que recibe el río Eresma antes de su llegada a la ciudad de Segovia, principalmente el del arroyo Ciguiñuela, que tenía una importante crecida provocando inundaciones en la urbanización El Sotillo (La Lastrilla). Como resultado, el río Eresma a su paso por la ciudad de Segovia alcanzó en la tarde-noche del día 26 de marzo puntas de caudal superiores a los 60 m<sup>3</sup>/s; sin que se sepa con exactitud el valor de caudal, puesto que el traslado de la estación de aforos de Segovia desde el puente de San Marcos hasta el marco de control aguas abajo (Cárnicas Aquilino), donde se alcanzaron los 63 m<sup>3</sup>/s, hace que tenga que ser tenido en consideración el efecto de laminación por desbordamiento en este tramo y que los datos ya no figuren en el anuario de aforos disponible en la web de la CHT. No obstante, este valor es notablemente inferior (una cuarta parte) que la máxima avenida registrada en este tramo del río Eresma durante el último siglo (202 m<sup>3</sup>/s, enero de 1956); o a los 222,81 m<sup>3</sup>/s alcanzados por el propio río Eresma en Coca durante este episodio (día 30 de marzo de 2013). Pero significativamente superior al caudal de la avenida de enero de 2009, que alcanzó finalmente una punta de caudal de 33,9 m<sup>3</sup>/s (ver datos calibrados y validados en el Anuario de Aforos de la CHD 2008/2009, con la nueva curva de gasto de la estación).

Ante la insuficiente capacidad del cauce ordinario para albergar estos caudales dentro de los bancos de orilla, se produjo el desbordamiento a la llanura de inundación en varios puntos de la denominada Senda de los Molinos, la Alameda del Parral, barrio de San Marcos (figuras 62 y 63), entorno del Molino de los Señores y sector de Los Lavaderos. En la mayor parte de los casos consistieron en el anegamiento de pastos naturales, caminos, sendas, praderas y superficies arboladas o elementos del mobiliario urbano y del ajardinamiento periurbano.



*Figura 62. Inundación de los paseos de las zonas ajardinadas periurbanas en el barrio de San Marcos por desbordamiento del río Eresma, el 26 de marzo de 2013. Fuente: Facebook MeteoSegovia. Autor: Adrián Escobar.*



*Figura 63. Rizaduras de corriente (ripple marks) en las arenas y limos de una senda inundada en las inmediaciones del barrio de San Marcos.*

Pero en el caso del complejo de la Casa de Moneda la inundación afectó a varios de los edificios de la parte baja, más próxima al río. Según la prensa y declaraciones de los responsables, más en concreto, afectó a: el Ingenio Grande, donde inundó el restaurado taller de la herrería y los elementos allí reconstruidos (fragua, martinete y torno); la zona de los canales, llegando a los ejes de las ruedas hidráulicas allí reconstruidas; y el interior (figura 64) y terraza (figura 65) del nuevo bar-restaurante del Ingenio Chico, donde obligó a desmontar el suelo de tarima flotante y algunos elementos de zócalos. Ante la persistencia de los altos niveles del río, los responsables de este último edificio colocaron sacos terreros en las puertas y ventanas de acceso a la terraza), y pusieron en funcionamiento sistemas de bombeo del agua acumulada en las distintas dependencias para su achique y posterior limpieza.



*Figura 64. Efectos de la inundación en la planta baja del bar-restaurante Ingenio Chico, con la retirada de la tarmima flotante de madera tras la inundación. Fuente: El Norte de Castilla 27-03-2013. Autor: Antonio de Torre.*



*Figura 65. Vista de la terraza del bar-restaurante Ingenio Chico tras el bombeo del agua acumulada tras el muro perimetral y con los sacos terreros en puertas y ventanas para tratar de prevenir otras posibles inundaciones.*

## **Las inundaciones del Eresma de marzo de 2014 en la Casa de Moneda**

El invierno 2013-2014 (de diciembre de 2013 a febrero de 2014) fue el más lluvioso de los últimos 14 años y el tercero de los últimos 33 años en Segovia; se recogieron 210 litros por metro cuadrado, sólo superado por el invierno de 1996-1997, con 248 l/m<sup>2</sup>. En el mes de febrero de 2014 se registraron 21 días de lluvias, batiendo el record de febrero del 2007 que eran 20; todas las semanas de febrero, hubo al menos un día de nieve en Segovia. En total, se han registrado 58 l/m<sup>2</sup>, pero una vez más no han sido récord absoluto pues data de 67,9 l/m<sup>2</sup> en febrero del 2010 (periodo 1991-2014). Fuente: Adrián Escobar, MeteoSegovia, [http://www.meteosegovia.es/crbst\\_18.html](http://www.meteosegovia.es/crbst_18.html).

La semana entre el 24 y el 28 de febrero de 2014 hubo precipitaciones poco intensas prácticamente todos los días en la cuenca alta del río Eresma, por lo que, con la precipitación precedente de ese invierno y ese mes, el suelo estaba completamente saturado. La predicción meteorológica de la AEMET para el fin de semana del 1 y 2 de marzo era de precipitaciones intensas en el centro peninsular, posiblemente parte de ellas en forma de nieve en la Sierra. Las predicciones se cumplieron y, tan solo el día 1 de marzo, las precipitaciones en Segovia capital superaron los 25 l/m<sup>2</sup> (Información Meteorológica Regional AEMET, Delegación Territorial de Castilla y León, 2 de marzo de 2014); con intensidades horarias en el pluviómetro del SAIH Duero en Valsaín que superaron cuatro veces los 3 l/h y una vez los 4 l/h. Estas precipitaciones sobre suelo saturado produjeron escorrentía superficial y subsuperficial súbitas, que hicieron aumentar bruscamente el caudal del río Eresma en Valsain de 2,21 m<sup>3</sup>/s a las 9:00 h, a más de diez veces superior (23 m<sup>3</sup>/s) en tan solo 12 horas, a las 21:00 h (figura 66). La llegada de estos caudales, junto con los de otros tributarios como el río Cambrones y el arroyo del Rastrillo, al embalse del Pontón Alto, dado que éste se encontraba al máximo de su capacidad (no habiéndose previsto vaciado previo para disponer de margen de laminación; figura 67), hizo que los caudales de vertido de la presa aguas abajo reflejaran fielmente los caudales de entrada, pasando de 5 m<sup>3</sup>/s a las 10:00 h, a más de 24 m<sup>3</sup>/s a las 21:00 h; la punta de caudal vertido por el embalse se alcanzó el 2 de marzo a las 7:00 h, con 53,62 m<sup>3</sup>/s.

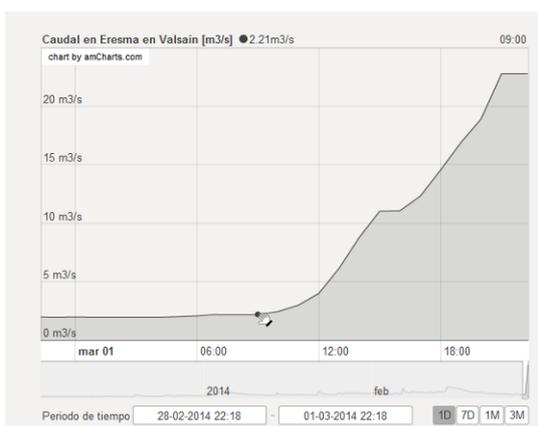


Figura 66. Hidrograma del día 1 de marzo de 2014, en la estación de aforos del Eresma en Valsaín. Fuente: sistema automático de información hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Duero (SAIH Duero).



Figura 67. Hidrograma del 24 de febrero al 1 de marzo de 2014, del caudal vertido por el embalse del Pontón Alto. Fuente: sistema automático de información hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Duero (SAIH Duero).

La propagación aguas abajo de esta punta de avenida súbita de vertido del embalse, junto con la de otros afluentes no regulados (Gamones, Marigalindo, Cerezo) hizo que en el marco de control del Eresma en Segovia (ubicado bajo el puente de la carretera de Boceguillas; barrio de San Lorenzo), se pasara de 8,2 m³/s (9:00 h) a más de 40 m³/s (21:00 h); la punta de 59,59 m³/s se alcanzó a las 7:00 h del día 2 de marzo (figura 68). En la estación de aforos ubicada cerca de San Pedro Abanto (incorporando el Cigüñueña y Clamores), el caudal se multiplicó por diez en esa tarde-noche, pasando de 8 m³/s a los 79,86 m³/s de la punta de la crecida a las 8:00 h del día 2 de marzo (figura 69).

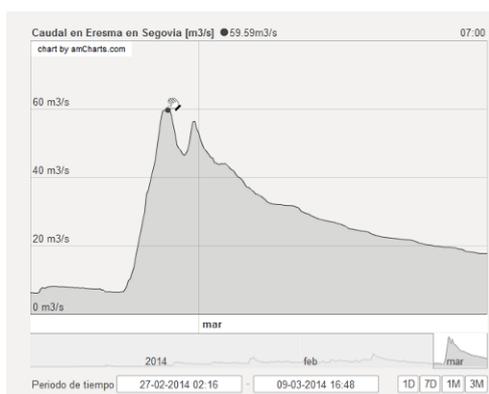


Figura 68. Hidrograma del 27 de febrero al 9 de marzo de 2014, del caudal del Eresma en el marco de control en Segovia. Fuente: sistema automático de información hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Duero (SAIH Duero).

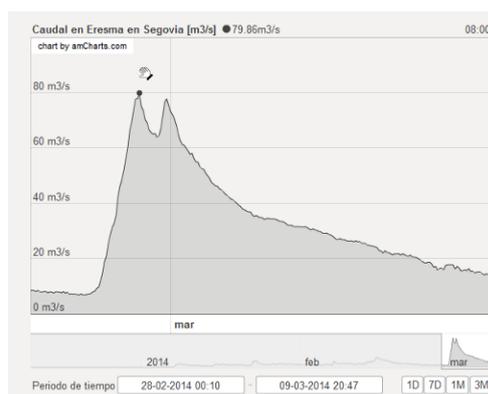


Figura 69. Hidrograma del 27 de febrero al 9 de marzo de 2014, del caudal del Eresma en la estación de aforos de Segovia. Fuente: sistema automático de información hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Duero (SAIH Duero).

Ante la insuficiente capacidad del cauce ordinario para albergar estos caudales dentro de los bancos de orilla, se produjo el desbordamiento a la llanura de inundación nuevamente en varios puntos como en el barrio de San Lorenzo, que conllevó la evacuación preventiva de los bajos de las viviendas de la urbanización de Carretero a primera hora de la mañana del día 2 de marzo. En el caso del complejo de la Casa de Moneda, la inundación afectó a varios de los edificios de la parte baja, más próxima al río, concretamente: la zona de los canales, superando los ejes de las ruedas hidráulicas allí reconstruidas; y el interior y terraza del nuevo bar-restaurante del Ingenio Chico (figura 70), donde volvió a dismantelar el suelo de tarima flotante y algunos elementos de la planta baja (cubreradiadores y mobiliario de la cafetería; figura 71). Otras dependencias del Ingenio Grande (herrería, sala de exposiciones temporales) y patio bajo quedaron esta vez libres de la inundación gracias al acristalamiento blindado colocado en las ventanas y al aceptable funcionamiento de los sistemas de aislamiento y achique.



*Figura 70. Vista de la terraza del bar-restaurante Ingenio Chico en el momento de circulación de la punta máxima de caudal de la avenida, el 2 de marzo de 2014 a las 8.00 h.*



*Figura 71. Efectos de la inundación en la planta baja del bar-restaurante Ingenio Chico, con tarima flotante de madera levantada y los elementos del mobiliario sumergidos. Fuente: Segovia al Día. [www.segoviaaldia.es](http://www.segoviaaldia.es) Autor: Javier López Alarma.*

Nuevamente estas inundaciones, al igual que las ocurridas en 2009 y 2013, fueron objeto de polémica en el ámbito político y mediático por afectar a las instalaciones de un complejo recientemente restaurado y habilitado para cafetería y amenazar las instalaciones que albergarían el museo, en el que se habían invertido importantes cantidades de dinero de administraciones públicas.

## Las inundaciones del Eresma de diciembre de 2020 en la Real Casa de Moneda

A lo largo de la primera semana de diciembre del año 2020, de nuevo se repiten las condiciones idóneas para el desbordamiento del río Eresma, aunque en este caso se adelantan a finales del otoño en lugar de suceder a finales del invierno o comienzo de la primavera como en ocasiones anteriores.

Convergen en los primeros diez días de diciembre de 2020 cuatro factores que van a resultar desencadenantes y condicionantes del fenómeno: i) la acumulación de un espesor notable de nieve en la Sierra de Guadarrama, que cubría desde las cumbres hasta el enlace con el piedemonte; ii) un ascenso de las temperaturas diurnas anómalo (alcanzando hasta 10,95°C en Valsaín y 12,4°C en Segovia, en las horas centrales del día), que produjo el deshielo rápido de la nieve acumulada en la cabecera de la cuenca hidrográfica del Eresma (figura 72); iii) lluvias intensas y continuadas los días 10 y 11 de diciembre (tabla VI y figura 73); y iv) la situación de llenado absoluto del embalse del Pontón Alto, que obligó al desembalsado de los caudales entrantes con prácticamente nula capacidad de laminación.

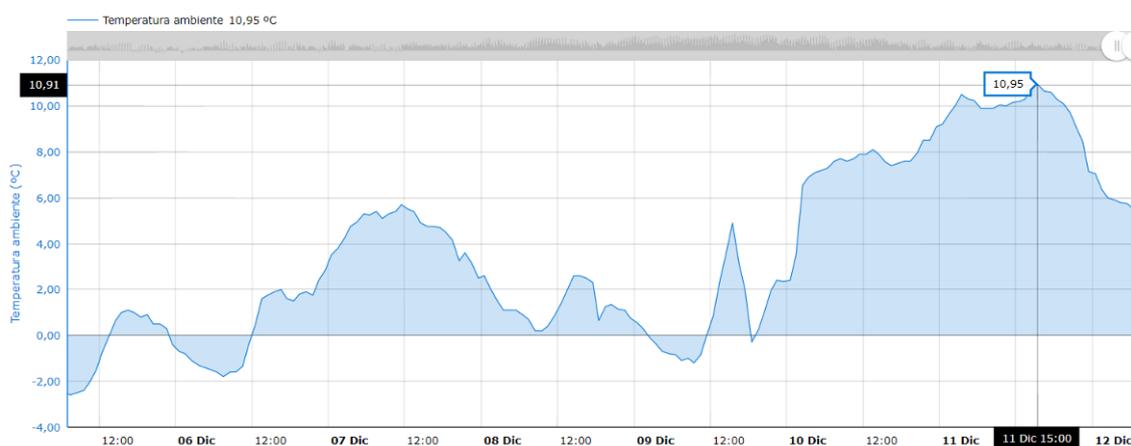


Figura 72. Gráfica de la temperatura ambiente medida en la estación meteorológica de la estación de aforos del río Eresma en Valsaín (SAIH, CHD), con temperaturas por encima de 0°C desde dos días antes del evento y una máxima de casi 11°C. Fuente: Red Integrada SAIH-ROEA Confederación Hidrográfica del Duero.

Día	T. max. (°C)	T. min. (°C)	T. media (°C)	Racha (km/h)	V. max. (km/h)	Pr. 00 - 24h (mm)	Pr. 00 - 06h (mm)	Pr. 06 - 12h (mm)	Pr. 12 - 18h (mm)	Pr. 18 - 24h (mm)
	(Hara)	(Hara)		(Hara)	(Hara)					
11 dic. 2020	12.4 (15:50)	7.7 (23:59)	10.0	66 (14:50)	44 (13:10)	21.4	10.8	6.8	3.8	0.0
10 dic. 2020	9.5 (23:40)	4.4 (00:20)	7.0	52 (04:30)	39 (05:00)	13.2	6.4	0.0	2.8	4.0
09 dic. 2020	5.2 (15:10)	-0.1 (08:30)	2.5	26 (00:20)	18 (00:10)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
08 dic. 2020	4.8 (14:50)	0.8 (22:50)	2.8	63 (01:20)	33 (01:40)	1.8	0.6	0.0	1.0	0.2
07 dic. 2020	7.0 (12:10)	3.4 (23:59)	5.2	75 (21:00)	44 (19:20)	2.0	0.2	0.0	0.6	1.2
06 dic. 2020	4.4 (23:59)	-0.8 (07:20)	1.8	42 (16:20)	28 (15:10)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
05 dic. 2020	3.6 (16:20)	-1.5 (07:10)	1.0	46 (16:40)	28 (14:30)	0.8	0.0	0.0	0.8	0.0

Tabla VI. Temperaturas y precipitaciones en la estación meteorológica de Segovia, los días precedentes a la avenida del día 11 de diciembre de 2020 (días 5 al 11 de diciembre). Fuente: sistema de observación de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

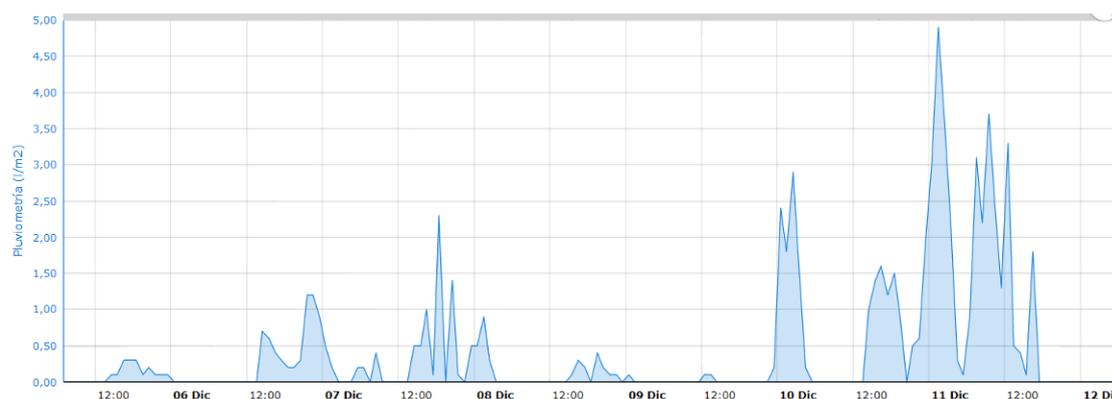


Figura 73. Pluviometría registrada en la estación meteorológica de la estación de aforos del río Eresma en Valsaín (SAIH, CHD), donde se observa una precipitación continua y con intensidades horarias importantes durante un día completo (de mediodía del 10 de diciembre a mediodía del 11 de diciembre), lo que produjo además la fusión de la nieve. Fuente: Red Integrada SAIH-ROEA Confederación Hidrográfica del Duero.

La confluencia de estos factores provocó que el río Eresma experimentara una avenida súbita a su paso por la ciudad de Segovia con un espectacular aumento de su caudal (figura 74), pasando de unos 3 m<sup>3</sup>/s de caudal base el 7 de diciembre, a 4,02 m<sup>3</sup>/s el día 10 de diciembre a las 00:00 h (precipitaciones totales de ese día: 13,2 l/m<sup>2</sup>) y a 62,66 m<sup>3</sup>/s de caudal punta el día 11 de diciembre a las 15:00 h (lluvias totales de ese día hasta las 12:00 h, 17,6 l/m<sup>2</sup> y totales hasta las 18:00 h de 21,4 l/m<sup>2</sup>), siendo el tiempo de respuesta de 39 horas.

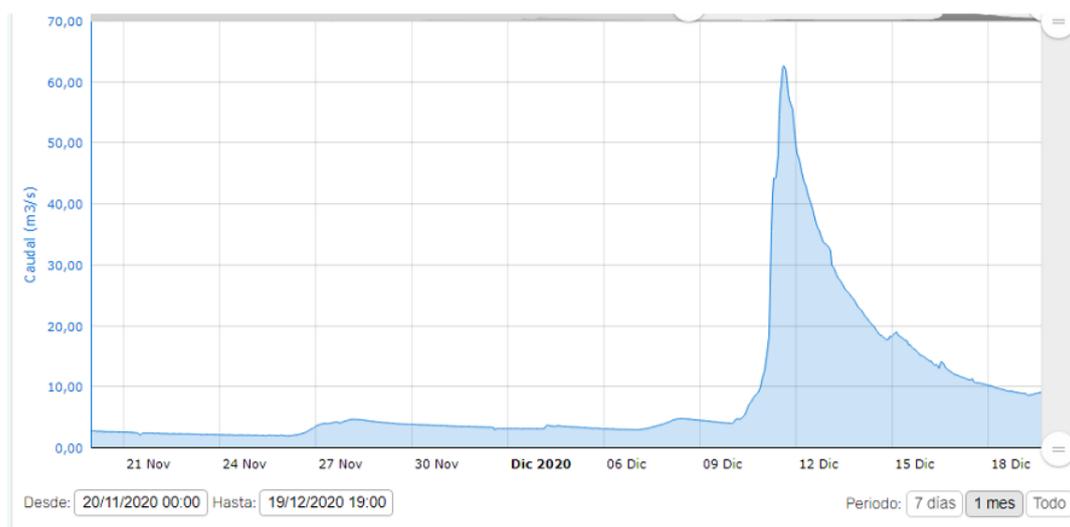


Figura 74. Hidrograma de la avenida del río Eresma en Segovia, desde el sábado 19 de diciembre hasta el viernes 18 de diciembre de 2020, donde se observa el pico súbito de la avenida el día 11 de diciembre, con la punta de 62,66 m<sup>3</sup>/s a las 15.00 h. Fuente: Red Integrada SAIH-ROEA Confederación Hidrográfica del Duero.

En este caudal punta, prácticamente toda la aportación procedía del desembalse del Pontón Alto (figura 75) y, en menor medida, las aportaciones de los afluentes no regulados que tributan al río Eresma aguas abajo de la presa y antes de su paso por la ciudad de Segovia, como pueden ser los arroyos Cigüiñuela y Cerezuelo, cuya contribución al caudal punta en el pico de la precipitación, nunca superó los 16 m<sup>3</sup>/s; o sea, supusieron no más del 25% de la punta del hidrograma y menos aún del volumen total de la avenida. Es más, desde el desembalse del Pontón Alto al paso por Segovia se produjo una cierta laminación natural del pico de la avenida por desbordamiento y el frenado por sinuosidad y pequeñas presas y azudes (Tres Chorros, Presa de la Luz...), que redujo la punta del desembalse de los 68 m<sup>3</sup>/s desembalsados, a los 62,66 m<sup>3</sup>/s que pasaron por Segovia (incluyendo los afluentes no regulados).

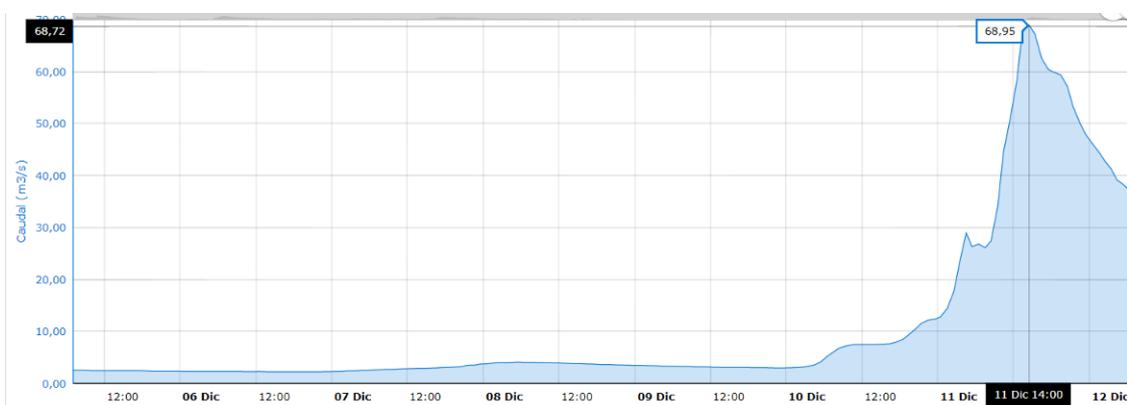


Figura 75. Hidrograma del caudal de salida al río Eresma de la presa del Pontón Alto, con un máximo de 68,95 m<sup>3</sup>/s el día 11 de diciembre de 2020 a las 14:00 h. Fuente: Red Integrada SAIH-ROEA Confederación Hidrográfica del Duero.

Aunque conviene reseñar que todos estos datos, procedentes de la información en tiempo real de la web del sistema automático de información hidrológica (SAIH) de la Confederación Hidrográfica del Duero, son provisionales y no han sido validados y oficializados. Máxime cuando la estación de aforos de Segovia y su curva de gasto del tramo canalizado se vieron superadas por la avenida que desbordó inundando la caseta y derivando caudales por encima de la sección de control (figura 76).



*Figura 76. Acceso rodado a la ubicación de la estación de aforos de Segovia (CHD), anegado por el desbordamiento del río Eresma por encima de la sección de control y la curva de gasto, desde caudales superiores a los 40 m<sup>3</sup>/s, impidiendo el acceso de los técnicos de mantenimiento de ADASA.*

Las consecuencias de esta avenida, además de ocupar todo el canal de aguas altas (*bankfull*) del río Eresma a su paso por el casco urbano de Segovia, produjo desbordamientos y daños puntuales en algunos tramos, como el barrio de San Lorenzo (trasera de las viviendas de la calle Anselmo Carretero números 23, 25 y 27; figura 77), la Fábrica de Borra (Escuela Taller, instalaciones y almacenamientos municipales y vivero de oficios artesanales), Alameda del Parral (zona ajardinada de la margen derecha y tajamar y arco del puente de acceso al antiguo monasterio de Los Huertos; figura 80) y San Marcos (paseo paralelo al río y fincas próximas). Sin embargo, una vez más, los mayores daños se produjeron en el complejo de la Real Casa de Moneda, donde inundó con calados decimétricos a métricos: los canales de Herrera; la planta baja y terraza del bar-cafetería-restaurant del Ingenio Chico (daños estimados por el arrendatario en unos 80.000 euros en primera instancia; figuras 78 y 79); la sala de la Herrería o de Jorge Soler del museo de historia de la acuñación (que obligó a su cierre temporal); y los patios traseros al Ingenio Grande; por lo que fue necesaria intervención de bomberos para achicar agua y la Policía Local para control de los accesos y tráfico rodado.

Una vez más, desde la adjudicataria del restaurante, las asociaciones de vecinos y desde diversos grupos políticos municipales, se instó a la Confederación Hidrográfica del Duero a buscar soluciones de aviso con antelación y regulación progresiva de los desembalses desde el Pontón Alto.



Figura 77. Inundación de la acera y depósito de restos vegetales en la trasera de las viviendas de la calle Anselmo Carretero, en la margen derecha del río Eresma a su paso por el barrio de San Lorenzo, en la tarde del día 11 de diciembre de 2020.

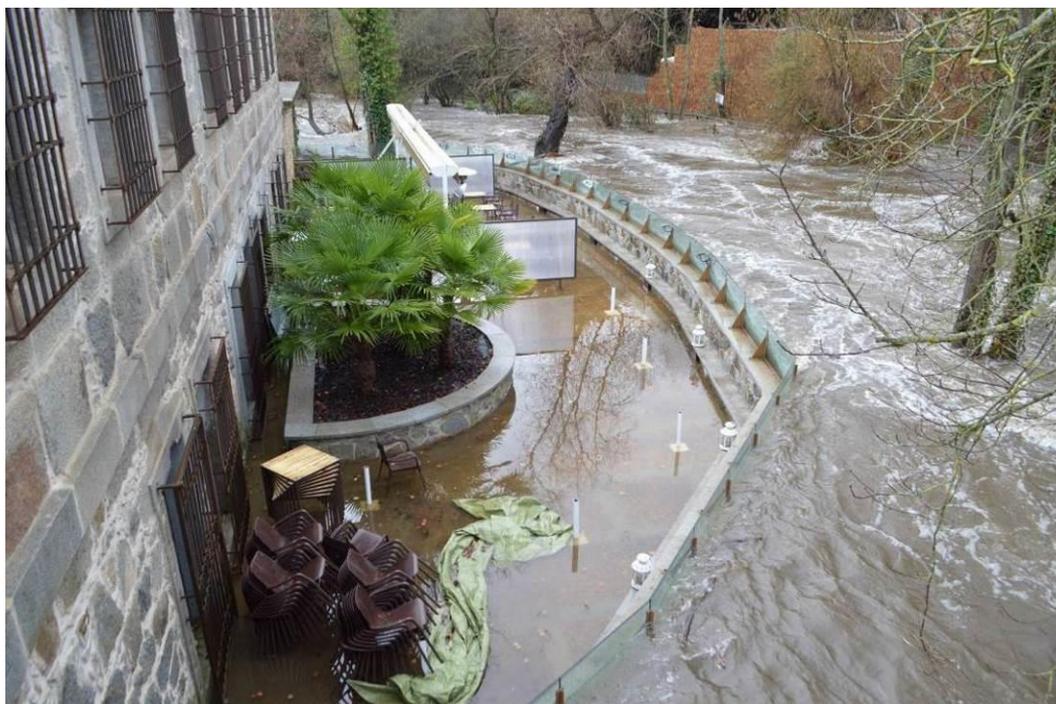


Figura 78. Inundación de la terraza e interior del bar-cafetería-restaurant del Ingenio Chico en la Real Casa de Moneda, a mediodía del viernes 11 de diciembre de 2020.



*Figura 79. Inundación del paseo paralelo al río por la margen derecha aguas abajo del puente de la Casa de Moneda, hasta la base del nuevo gavión de caja instalado para la contención del talud de una finca privada; lo que luego generaría el desmoronamiento del muro del cauce y la interrupción del camino.*



*Figura 80. Daños producidos por la avenida y la carga sólida leñosa transportada en el tajamar y arco del puente de acceso al antiguo monasterio de Los Huertos, en la Alameda del Parral.*

## **Recomendaciones técnicas para la prevención y minimización de daños por inundaciones en la Real Casa de Moneda de Segovia**

En 2016, el Instituto Geológico y Minero de España, a solicitud del Ayuntamiento de Segovia, elaboró un informe sobre la problemática de inundaciones en la Casa de la Moneda (Díez-Herrero *et al.*, 2016a). Este documento incluye posibles medidas de mitigación del riesgo o, al menos, de minimización de los daños asociados a las inundaciones.

Con carácter general, propone una necesaria coordinación institucional entre la Confederación Hidrográfica del Duero y el Ayuntamiento de Segovia en materia de gestión del riesgo. Tal coordinación se vería materializada en: la elaboración del **plan de gestión del riesgo de inundación**; la articulación de un **protocolo de comunicación en emergencias** para el sistema de avisos y alertas durante eventos de crecida y avenida que garantice una información fluida y en tiempo real, especialmente en el caso de los avisos por desembalse del Pontón Alto durante eventos de emergencia; y una **adecuación del plan de explotación de la presa** para que, manteniendo como prioritario el abastecimiento de agua a la ciudad, optimice su papel en la laminación de avenidas y crecidas.

Como medidas específicas se sugiere la **mejora del sistema de drenaje** del río en ese tramo durante crecidas, incrementando la sección transversal del cauce (replantando el trazado del muro perimetral de la terraza de la cafetería del Ingenio Chico, o incluso reemplazándolo por elementos móviles que permitieran la inundación intencionada de la terraza según fuera la previsión de caudales), o bien aumentando la velocidad del flujo, (eliminando los obstáculos u objetos no naturales o restos de vegetación muerta y acumulada por eventos de avenida); pero sin que nada de ello suponga un dragado o alteración del sustrato del cauce. Del mismo modo, una mejor **gestión del sistema de canales** conseguiría un ahorro de energía eléctrica y de horas operativas de bombeo: evaluar la capacidad suficiente de las bombas, elevar su posición a cotas más próximas a la cota límite de referencia e incorporar un sistema de avisos automatizado que detecte cualquier fallo en el sistema; colocar una tubería de diámetro adecuado, conectada a uno de los muros del extremo final del canal de Herrera, equipada con sistema de apertura y cierre, cuyo extremo quede lo más alejado posible del recinto, donde el río tendrá una cota topográfica significativamente menor; o prevenir mediante un punto de medida, si la lámina de agua en el río supera la cota límite.

Por último se enumeran otras **recomendaciones menores**, de reducido presupuesto pero significativo beneficio económico: suscribir una póliza de seguro que cubra la afección por inundaciones y se ajuste a las pérdidas previstas; emplear y sustituir materiales y elementos en futuras reformas por

otros sumergibles e impermeables; potenciar que el mobiliario y la decoración de las plantas bajas sean fácilmente trasladables a plantas superiores antes o durante una inundación; o elevar las conducciones y elementos de las redes de energía y sistemas de comunicación (cables, tuberías, enchufes, grifos, alarmas., etc.) por encima del nivel inundable. Además, la instalación de limnismarcas de eventos recientes e históricos, o la inclusión de elementos expositivos alusivos a las inundaciones en el discurso museográfico y los productos promocionales, son otras posibles actuaciones que transformarían en un recurso lo que aparentemente pudiera parecer un handicap y conseguirían aumentar la percepción del riesgo tanto en los trabajadores de la Casa de la Moneda como en el público visitante.

## PARADA 6. Desprendimientos de la Puerta de Santiago y su afección a la muralla

El día 27 de agosto de 1998 se produjo el desplome de un cubo de la muralla y un lienzo completo en las proximidades de la Puerta de Santiago, debido al descalce por el desprendimiento de un bloque de areniscas dolomíticas. Aunque la prensa local lo atribuyó erróneamente a una falla (figura 81), fue el intenso diaclasado de la roca, junto con las fugas de la red de saneamiento y abastecimiento en los jardines traseros a la muralla, lo que provocó el desencadenamiento del desprendimiento.



Figura 81. Recorte de la noticia en la edición impresa de El Norte de Castilla al día siguiente del desprendimiento, donde se puede leer la atribución del suceso a "...una falla geológica que atraviesa el casco histórico de la ciudad..."

## PARADA 7. Bloque deslizado de rocas de San Marcos

En las inmediaciones del puente de San Marcos sobre el río Eresma, existe un gran bloque deslizado de la pared derecha del cañón que forma ese río (figura 82). Se trata de un gran bloque de rocas dolomíticas, deslizado unos dos metros hacia la base del valle a partir de una gran fisura (diaclasa vertical). Se trata de un movimiento condicionado por la socavación lateral del río Eresma en esta parte del valle, el cual descalzó el macizo rocoso, provocando el asentamiento de este bloque. La construcción desde antiguo de casas que están adosadas a la masa deslizada indica su antigüedad y estabilidad.



Figura 82. Bloque deslizado de rocas de San Marcos, con las casas adosadas. Foto: Rodrigo Verdugo Vicente.

## PARADA 8. Las inundaciones en el barrio de San Marcos y el tanque de tormentas

El barrio de San Marcos ha sido tradicionalmente una de las zonas urbanas con mayor problema de inundaciones en el entorno de Segovia, ya que en esa zona convergen dos fuentes de anegamiento: las precipitaciones *in situ* durante tormentas (figura 83) en una zona llana de la llanura de inundación del río Eresma; y la desembocadura del barranco y colectores que desaguan desde Zamarramala.



Figura 83. Recorte de la noticia de la edición impresa de *El Adelantado de Segovia*, sobre inundaciones en sótanos y garajes de diferentes localizaciones de la ciudad de Segovia.

Por este motivo, el Ayuntamiento de Segovia construyó a lo largo del año 2008 un tanque de tormentas enterrado bajo la pradera de San Marcos, para que lamine los caudales punta del colector durante las tormentas, y evite la inundación de esta zona (figuras 84 y 85).



Figura 84. Funcionamiento de un tanque de tormentas, laminando el caudal punta del hidrograma de avenida súbita y transformando el pico en una meseta de caudal que se prolonga en el tiempo. Vista del interior del tanque de tormentas bajo la pradera de San Marcos.

## El Ayuntamiento construye un tanque de tormentas bajo la pradera de San Marcos

### Gente.

El Ayuntamiento está trabajando en la ejecución de las obras de construcción de un tanque de tormentas bajo la pradera de San Marcos, con el objetivo de evitar las inundaciones que provocan las fuertes lluvias en esta zona.

El proyecto, que está siendo ejecutado por Volconsa, contempla la construcción de una planta de 32 por 11 metros y de más de cinco metros de altura, con muros y losas de medio metro de espesor.

La construcción de esta infraestructura está incluida en el proyecto denominado "Renovación del colector de bajada de Zamarramala hasta el emisario de l margen izquierda del río Eresma y tanque de tormentas" y contempla una inversión de más de 600.000 euros.

En la actualidad ya se han comenzado los trabajos para cubrir el tanque, que previsiblemente estarán completados durante la primera quincena de noviembre, cuando se realice la



Obras de ejecución del tanque.

reposición de la masa vegetal y la restauración ambiental de esta zona.

El tanque de tormentas permitirá evitar inundaciones en épocas de grandes lluvias y los desbordamientos incontrolados que generan vertidos de aguas sucias a los ríos que atraviesan la capital.

Desde el Consistorio se ha anunciado que las características de esta infraestructura se emplearán en sucesivas dotaciones similares.

Figura 85. Noticia en la prensa local sobre la construcción del tanque de tormentas bajo la pradera de San Marcos. Fuente: Gente de Segovia (octubre 2008).

## **PARADA 9. Efectos de los terremotos históricos en Segovia en la iglesia de la Veracruz y la Catedral de Segovia.**

### **Estudios arqueosismológicos en el patrimonio histórico-artístico de Segovia**

(Síntesis de Rodríguez-Pascua *et al.*, 2015 y Génova *et al.*, 2015, 2018 a y b)

El terremoto de Lisboa del primero de noviembre de 1755 es el mayor sismo que afectó a Europa occidental en tiempos históricos. La intensidad media EMS-98 asignada para la ciudad de Segovia por Martínez Solares (2001) fue IV. Su rico patrimonio histórico hace de esta ciudad un potencial punto de observación de efectos arqueológicos de terremotos (*Earthquakes Archaeological Effects – EAEs* -, en inglés), especialmente los asociados al terremoto de Lisboa. Sus actuales 19 iglesias románicas y la catedral fueron puntos de observación que se han tratado en los trabajos de Rodríguez Pascua *et al.* (2015) y el de Génova *et al.* (2015, 2018 a y b).

Para la identificación de EAEs se han utilizado inicialmente las crónicas históricas transcritas hasta el momento (Martínez Solares, 2001), los datos procedentes del archivo catedralicio y las fotografías de diferentes fondos fotográficos antiguos. Debido a las restauraciones realizadas en estas edificaciones, especialmente a lo largo de todo el siglo XX, estos fondos fotográficos cobran especial importancia, ya que aportan información directa de los EAEs y su orientación. Se ha recurrido al fondo fotográfico del Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE) y más concretamente a los fondos: Loty, Ruiz Vernacci y Moreno. Estos fondos abarcan desde mediados del siglo XIX hasta los años 80s del siglo XX. Con toda esta información se han visitado los edificios y se han contrastado las fotografías con los restos actuales, midiendo en todas las ocasiones las orientaciones de los EAEs, tanto si ya habían sido restaurados como los que prevalecen en la construcción (figuras 86 y 87).



Figura 86. Fachada occidental de la iglesia de la Veracruz, con las claves ligeramente desprendidas en la ventana superior y las arquivoltas de la puerta.



Figura 87. Fachada suroccidental de la iglesia de la Veracruz, con la reparación de grietas penetrativas y la clave de la ventana desprendida.

En el caso de la Catedral de Santa María (siglos XVI-XVII) los EAEs clasificados han sido: fracturas penetrativas en bloques de sillería (en la nave central N135°E), desplazamiento de bloques de sillería (12 cm de desplazamiento hacia los N010°E; figura 88), claves caídas de arco (arcadas de la nave principal N135°E), basculamiento de 7° hacia los N135°E de la estructura de cerchas de madera que sustenta la techumbre de la nave principal. La estructura fue reforzada mediante jabalcones colocados en sentido contrario del basculamiento (figuras 89 y 90) y han sido datados mediante dendrocronología, obteniendo una fecha próxima a finales del siglo XVIII (figura 91), posterior a 1755 (Génova *et al.*, 2015, 2018a y b).

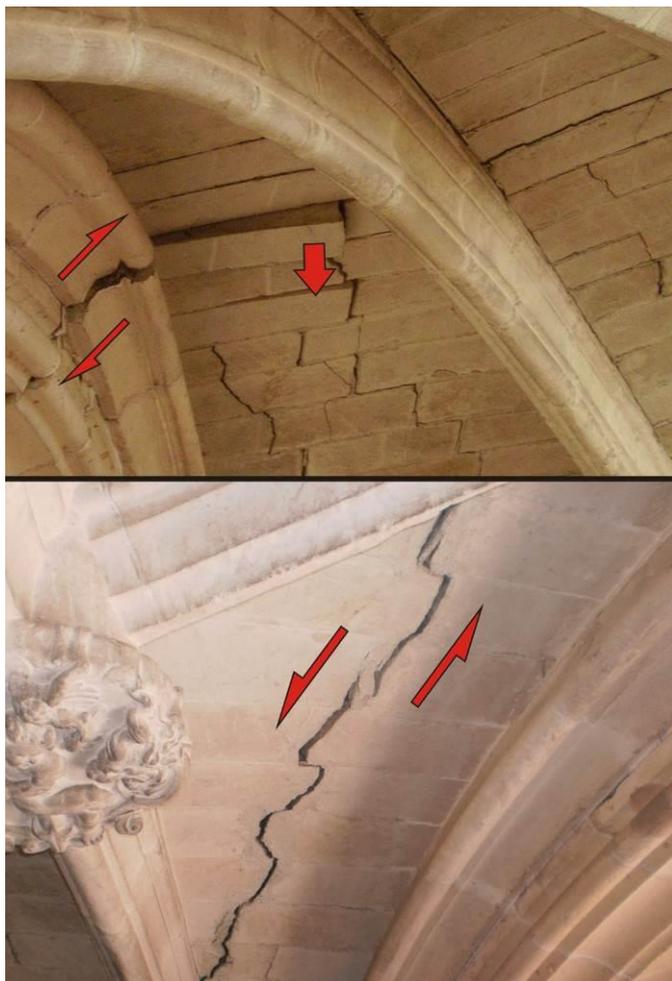


Figura 88. Grietas y desplazamiento de los sillares en las cúpulas de la nave de los Evangelios de la Catedral de Segovia (Rodríguez-Pascua et al., 2015 y Génova et al., 2015, 2018 a y b).



Figura 89. Inclinación respecto a la vertical de las cerchas de la cubierta de la nave central de la Catedral de Segovia, y jabalcones para apuntalar la estructura.



Figura 90. Efecto de inclinación (remado) de las cerchas de la cubierta de la nave central de la Catedral de Segovia por el terremoto de 1755.



Con todos estos datos recogidos en la Catedral y en varias iglesias románicas se ha obtenido la dirección media de movimiento del sustrato para cada edificación; siendo la dirección de momento media producida por el terremoto N-S. Si el área epicentral del terremoto de Lisboa está SO del Cabo de San Vicente, una onda que irradiase de este punto debería llegar a la ciudad de Segovia desde el SO. Sin embargo, la dirección de movimiento obtenida en Segovia es N-S, esto podría ser debido al fuerte condicionante topográfico que supondría su localización sobre un resalte de dirección E-O y de más de 60 m de altura sobre el nivel del cauce del río Eresma, lo cual podría condicionar la dirección de movimiento del terreno a N-S (figura 92). Con estos EAEs y aplicando la correlación entre las escalas de intensidades ESI07 y EMS98 para el cálculo de intensidades arqueosísmicas se obtendría una intensidad máxima de IX para el desplazamiento de bloques de sillería y caída de claves de arco. Mientras que el límite inferior de intensidad estaría en torno a VII para las fracturas penetrativas en bloques de sillería.

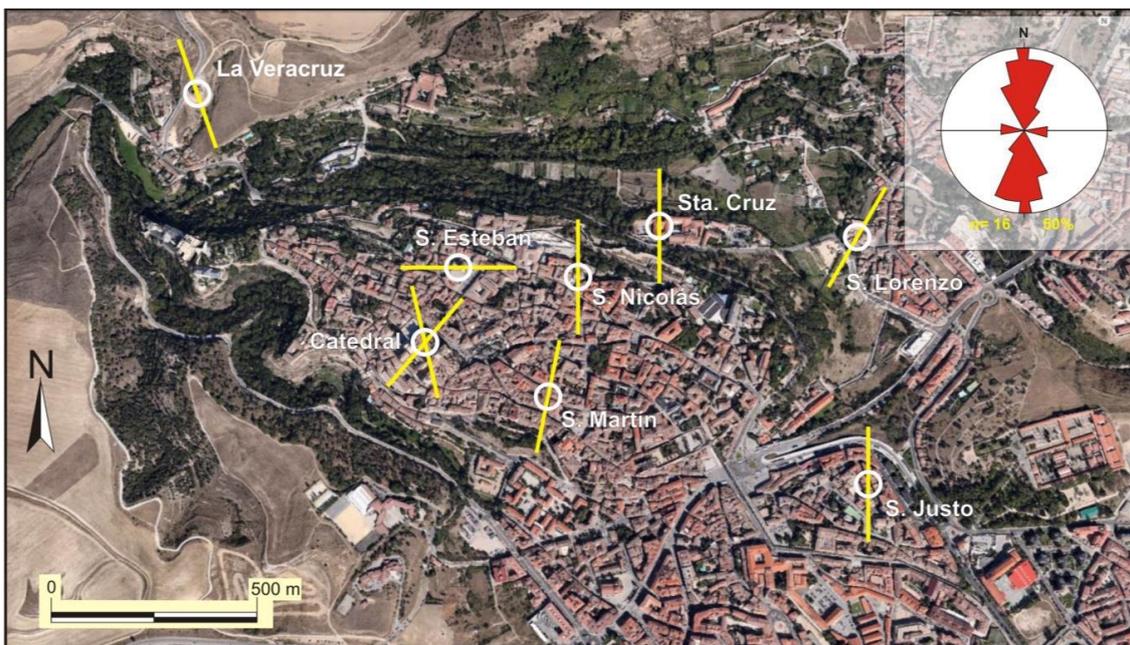


Figura 92. Direcciones medias de movimiento del sustrato en diferentes edificios históricos del casco antiguo de la ciudad de Segovia. Fuente: Rodríguez-Pascua et al. (2015).

## PARADA 10. Desprendimientos de rocas de Peñas Grajeras, consecuencias históricas y medidas estructurales

Los cantiles rocosos que, a modo de anfiteatro natural, circundan el Santuario de La Fuencisla (denominadas Peñas Grajeras) constituyen en realidad la margen externa de un meandro encajado del río Eresma, que con anterioridad a su desvío (ver Parada 11) circulaba a los pies de este escarpe. Esta información es esencial para comprender la fisonomía de esta pared rocosa, y los procesos que la han formado. Así, en periodos anteriores a la construcción del Santuario (y en tiempos anteriores a la presencia humana en este territorio) el meandro del río Eresma erosionaba la base del acantilado en su margen externa, socavando la base de la ladera. Las rocas situadas por encima iban quedando en extraplomo, de manera que acababan desplomándose. Toda vez que el río fue desviado en el siglo XIX, e incluso con anterioridad, debido a la construcción del Santuario, el río ya no excava más en esta ladera, lo que no impide que en ella hayan tenido lugar, y tengan, grandes desprendimientos de rocas.

Una prueba de la recurrencia de los desprendimientos puede encontrarse en dos cuadros anónimos realizados en 1613, donados por el gremio de pesadores, ubicados en el Santuario de Nuestra Señora de la Fuencisla, que representan y relatan sendos hechos milagrosos durante desprendimientos de rocas ocurridos en el siglo XVI en este lugar (en Díez y Martín-Duque, 2005; figuras 93 y 94).



Figura 93. Cuadro de la Sacristía con la inscripción: "Año de Christo 1531 No se conviniendo con los canteros que cortasen p[ie]/dra para reparo de la hermita de repente cae la peña de do lo avian de cortar/ i cogiendo devaxo mucha gente a ninguno hiço mal".



Figura 94. Cuadro de la Sacristía con la inscripción: "Año de Christo 1581 Arrancase un gran penasco de las grageras viene con furia/ velos sobre la hermita asombranse los oientes y el sacerdote que dy/ze missa ruega a la Virgen Maria los remedie detjenese el penasco en un/ vara de una çarça a la ala de los tejados sin tocar a ellos".

En el libro de Tomás Baeza (1864) sobre la historia de la Virgen y el Santuario, recoge entre los hechos milagrosos otro evento de desprendimiento, que fecha en 1535, pero que probablemente sea el mismo del cuadro fechado en 1531, por la similitud de la narración:

*“En 1535 trataban de ampliar y reparar la ermita de la fuencisla, más no se pudo por exigir mucho los oficiales por sacar la piedra de la cantera. Cuando estos iban á comer, se desgajó del peñasco tan gran cantidad de la misma piedra que se deseaba, que hubo para la obra y para vender. Y aunque por ser día de mercado, pasaba mucha gente por el camino, á nadie hizo daño, encomendándose todos á la Virgen al ver caer las piedras. No es esta la única vez que se han desgajado los peñascos sin causar daños, cuando hacían falta piedras para obras.”*

Otro hundimiento, esta vez inducido, tuvo lugar en el año 1598 (Maldonado, 1611).

En la fachada de la Casa del Capellán se conserva una placa conmemorativa de otro desprendimiento acontecido en 1725, y que no produjo daños, según la interpretación religiosa, gracias a la intercesión milagrosa de la Virgen (figura 95).

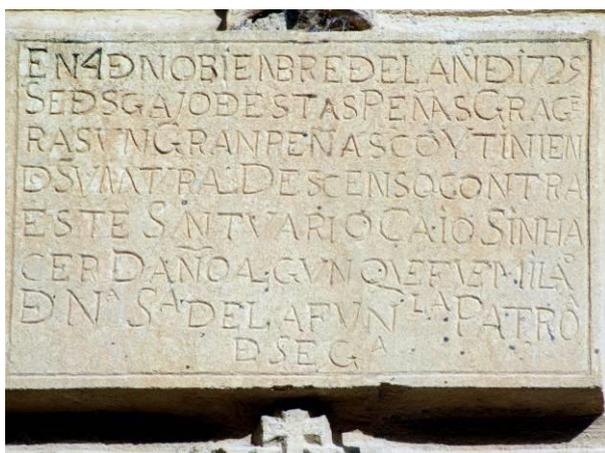


Figura 95. Placa de la fachada de la Casa del Capellán, que reza:

*“EN 4 DE NOBIENBRE DEL AÑO DE 1725/  
SE DESGAJO DESTAS PEÑAS GRAGE/  
RAS UN GRAN PEÑASCO Y TIÑEN/  
DO SU NATURAL DESCENSO CONTRA/  
ESTE SANTURARIO CAIO SIN HA/  
CER DAÑO ALGUNO QUE FUE MILAGRO/  
DE N<sup>A</sup> S<sup>A</sup> DE LA FUENCISLA PATRONA/  
DE SEGOVIA”*

(foto Emilio Dorado; transcripción G. Marcelo).

En la noche del 14 de abril de 1852 se desprendió una enorme mole de piedra que sobresalía debajo de la ermita de San Juan de la Cruz, quedando ésta casi a raíz del corte. Dos años después, en la madrugada del 10 de febrero de 1854, ocurrieron nuevos desprendimientos, aunque de menor intensidad. Ante tal situación, se decidió hacer nuevas obras, aligerando las rocas de las partes altas y rellenando el antiguo cauce del Eresma con el escombros de lo ya desprendido. Los trabajos se inauguraron el 16 de febrero de 1857.

El suceso importante más reciente tuvo lugar la madrugada del 7 de abril de 2005, cuando al menos dos mil toneladas de roca se desprendieron de las Peñas Grajeras (figuras 96 y 97), destruyendo el edificio anexo al Santuario de la Fuencisla e hiriendo a tres religiosas que se encontraban dentro.



Figura 96. Desprendimiento de rocas de Peñas Grajeras (izquierda), ocurrido el 7 de abril de 2005, el cual destruyó buena parte de la Casa del Capellán aneja al Santuario de La Fuencisla (derecha).

Unos pocos días después, el 23 de abril de 2005 se produjo un nuevo desprendimiento de rocas en una zona muy próxima, en las inmediaciones de la puerta barroca de la carretera de Arévalo (figura 98). En este caso, las rocas caídas alcanzaron a un vehículo que pasaba por la carretera en ese momento.



Figura 97. Vista aérea de la zona de Peñas Grajeras, donde se observa perfectamente la zona del desprendimiento del 7 de abril de 2005, ahora gunitada y bulonada. Foto: Rodrigo Verdugo Vicente.



Figura 98. Desprendimientos de rocas ocurridos el 23 de abril de 2005, también en las proximidades del Santuario de La Fuencisla. Fuente: El Adelantado de Segovia.

No existen datos ni estudios de cuáles pudieron ser los factores desencadenantes de estos fenómenos (en tanto los condicionantes son unas rocas favorables a la ocurrencia de caídas y desprendimientos, manantiales en la base meteorizando la roca, y unas pendientes muy elevadas), pero pudo ser fácilmente la termoclastia y crioclastia a la que estuvo sometida toda esta

región el invierno de 2005, en el que se produjeron muchas y muy intensas heladas. A falta de estudios específicos, pensamos que también pudo influir la orientación sur de la ladera, la cual, ante fenómenos de helada se ve sometida a muchos más procesos de hielo – deshielo que laderas similares orientadas hacia el norte (dado que estas permanecen siempre heladas durante continuados periodos de tiempo).

Hay que ser críticos técnicamente con la actuación de ‘restauración’ que se produjo sobre las Peñas Grajeras con posterioridad al gran desprendimiento del 7 de abril de 2005. Tras el suceso, un gran bloque quedó semisuspendido, separado del macizo rocoso por una grieta de 6 centímetros de ancha por 15 metros de larga, con riesgo de afectar al Santuario. Tras esa alarma, se produjo una intervención inmediata, que ‘bulonó’ el bloque inestable al macizo rocoso, realizándose con posterioridad un tratamiento de gunita (figura 99). En nuestra opinión, hubiera sido mucho más conveniente proceder a desmontar el gran bloque inestable (lo que hubiera garantizado una gran estabilidad de la zona durante muchos años, y hubiera permitido el afloramiento de roca natural). Sin embargo, en su lugar se procedió a realizar una actuación ‘convencional’, como las que se aplican en cualquier talud de carretera, en un entorno de gran valor natural, histórico, paisajístico y religioso.



*Figura 99. Detalle del bulonado y gunitado elegido como solución técnica para la fijación de la placa de roca contigua a la zona desprendida.*

Con posterioridad a ese gran desprendimiento, se han producido otros (13-05-2008, 20-07-2008, 16-08-2012, 01-10-2012 y 12-04-2013) que han obligado a cortar algunas zonas a la circulación de personas y vehículos, y quedan otras muchas zonas inestables con insuficientes medidas de apuntalamiento (figura 100).



Figura 100. Zona próxima al arco de la Puente Castellana, cortada por desprendimientos en julio de 2008 (izquierda), y cornisa volada con simples puntales de sujección (arriba).

En el año 2010 se concluyeron las obras de reconstrucción del edificio dañado en 2005, con un importante coste económico, próximo a los 700.000 euros (figura 101).



Figura 101. Obras de reconstrucción de la Casa del Capellán anexa al Santuario de la Virgen de la Fuencisla, tras su destrucción en el desprendimiento de 2005.

## PARADA 11. Inundaciones históricas en el Santuario de Nuestra Señora de la Fuencisla y la corta artificial del meandro de San Lázaro

El río Eresma traza un meandro entero (longitud de onda completa) entre el monasterio de Santa María del Parral y el puente de San Lázaro. Los dos arcos de este meandro tienen las máximas curvaturas en la base de los cortados del Alcázar, cerca de la confluencia con el arroyo Clamores; y en el talud de Peñas Grajeras (figura 102). Al pie de este segundo talud se implantó el santuario de Nuestra Señora de la Fuencisla, en conmemoración del milagro de María del Salto, allí acontecido según la tradición.



Figura 102. Ortofotografía del valle del río Eresma a su paso por la ciudad de Segovia, entre el monasterio de Santa María del Parral (a la derecha), y la Puente Castellana (a la izquierda), con indicación del trazado actual del río (línea continua) y el antiguo arco de meandro (línea discontinua) que fue artificialmente estrangulado. Tomada de Google Earth ®.

Las continuas inundaciones que producían las crecidas del río Eresma en el santuario y sus edificios aledaños (Casa del Capellán, Sacristía) hizo que los cofrades y devotos se plantearan la posibilidad de desviar el río. Hasta ese momento el Eresma circulaba, como lo había hecho en su historia geológica reciente, a los pies de los cortados, tan sólo separado del edificio por un murete y un estrecho paseo de carruajes, como se puede apreciar en la litografía de Van Halen, fechada en 1847 (aunque seguramente hecha a partir de bocetos y notas tomados algunos años antes, puesto que entonces ya había sido transformado; figura 103).



*Figura 103. Litografía de F.P. Van Halen titulada "Segovia. Nª Sª de la Fuencisla", fechada en 1847, en el que se ve el río Eresma circulando al pie del muro que lo separaba del santuario y Peñas Grajeras.*

Lo que se pensó es realizar una corta artificial del arco del meandro, haciendo un estrangulamiento del trazado del mismo en las proximidades del antiguo hospital de San Lázaro. El proyecto se llevó a cabo entre marzo y octubre de 1846, siendo sufragado por los devotos y otros colectivos segovianos, y precisó realizar voladuras en las rocas carbonáticas de la orilla interna del meandro, para poder excavar una trinchera de sección rectangular, lo que requirió la participación de los artilleros. No obstante, las aguas del río seguían filtrándose y circulando por el viejo cauce, lo que obligó a nuevas obras hasta el año 1857.

Aún hoy en día puede reconocerse en la alameda de la Fuencisla el desnivel donde se ubicaba el banco derecho (externo) del arco del antiguo meandro, a pesar de haber sido rellenado con escombros en diversas ocasiones. Otro hecho que denota esta obra es la velocidad del río en el tramo canalizado, ya que como salva el mismo desnivel con menor recorrido del que hacía en el arco de meandro, la pendiente del lecho es mayor. A modo de curiosidad, cuando se hacían competiciones de piragüismo en el río Eresma (Ferias y Fiestas de San Juan y San Pedro), los espectadores experimentados se ubicaban en esta zona, puesto que como la velocidad de la corriente era mayor, los piragüistas tenían que poner en juego todas sus habilidades para evitar volcar o chocar con las paredes rocosas.

Con esta medida preventiva de carácter estructural efectivamente se evitaron en lo sucesivo las inundaciones en el santuario, pero el estrechamiento que

suponía la trinchera del canal, hace que durante las crecidas importantes el río quede represado aguas arriba, inundando con mayor facilidad la pradera de San Marcos y remontando la zona inundada el valle del arroyo Clamores.

## **PARADA 12. Desprendimientos de rocas de la Cuesta de los Hoyos y sistemas de contención**

Por la denominada “Cuesta de los Hoyos” discurre la carretera SG-312, la cual bordea la ciudad histórica de Segovia por el suroeste. Dicha carretera recorre la margen del arroyo Clamores, entre éste y el farallón de rocas carbonáticas que forma la pared izquierda del valle.

Los taludes generados en esta ladera como consecuencia de las obras de construcción de la carretera, y de sus sucesivos arreglos y ensanches, han favorecido y desencadenado dos tipos de movimientos gravitacionales: a) por un lado han acelerado los procesos de reptación del suelo (*soil creep*) en la ladera situada inmediatamente por encima del talud de la carretera, llegando incluso a ocurrir caídas a la vía de árboles de una plantación de pinos denominada ‘El Pinarillo’; sin la ocurrencia de estas caídas de árboles, los fenómenos de reptación se evidencian debido a la curvatura que sufren los troncos de los pinos y arizónicas en su base, como consecuencia de la combinación de la reptación del suelo, que tiende a inclinar el tronco de los árboles ladera abajo, y de la tendencia natural al crecimiento vertical de estos vegetales; b) los propios taludes rocosos de la carretera han estado expuestos, recurrentemente, a la ocurrencia de caídas, desprendimientos, vuelcos y colapsos de rocas, cuya interferencia con el tráfico rodado ha sido muy frecuente. De hecho, ha existido aquí desde antiguo la característica señal de tráfico que indica peligro de desprendimientos.

En el año 2003, esta carretera, que es una de las principales vías de comunicación en la ciudad, estuvo cortada a la circulación, debido a las obras de estabilización de los taludes, a partir de dos importantes desprendimientos de rocas ocurridos los meses de mayo y agosto de ese mismo año, uno de ellos de más de 20 toneladas. Tras ese desprendimiento, y cuando apenas habían transcurrido 25 días de su apertura, la carretera tuvo que ser de nuevo cortada el 31 de agosto de 2003, tras otro desprendimiento.

La solución de estabilización consistió en aplicar a todo el cortado rocoso lo que se denomina una “malla talud” (figuras 104 y 105), con la cual se han cubierto 10.800 metros cuadrados de malla de triple torsión, y cuyo importe total fue de 900.000 euros. Si bien la medida correctora es efectiva, se echa en falta aquí un tratamiento más adaptado al entorno tan singular en el que se integra (Martín Duque *et al.*, 2011), con vistas recíprocas entre el borde

suroeste de la ciudad histórica y este talud, o considerando también que la propia Cuesta de los Hoyos fue el cementerio judío de la ciudad (de cuyas cuevas, aprovechadas como necrópolis, toma el nombre la cuesta). De hecho, la Fiscalía de la Audiencia Provincial de Segovia llegó a incoar diligencias informativas para tener conocimiento de la posible afección al medio ambiente de estas obras. Desde nuestro punto de vista, una acción restauradora más sensible podría haber permitido la retirada y desmonte de todos aquellos sectores del talud que mostrasen mayor inestabilidad, minimizando el riesgo, pero dejando al descubierto afloramientos naturales de roca más 'sana', que podrían haberse envejecido siguiendo alguna de las muchas técnicas que existen al respecto, conservando así el carácter singular de este entorno.



*Figura 104. Sistema de estabilización y retención 'malla-talud' implantado en buena parte de la Cuesta de los Hoyos. A pesar de estas protecciones, el 22 de noviembre de 2010 se produjo un nuevo desprendimiento en uno de los taludes, suponiendo el corte del tráfico rodado e importantes costes de reparación.*



*Figura 105. Diferentes tipos de fijaciones de los taludes instalados en la Cuesta de los Hoyos, como bulonado con placas metálicas, y mallas de triple torsión de diferentes formas y pasos.*

## **PARADA 13. Desprendimientos de rocas recientes en el Valle del Clamores y sistemas de contención**

(extracto del informe inédito de Díez, 1999)

El parque periurbano del valle del Clamores se sitúa en el flanco meridional de la ciudad de Segovia, discurriendo a lo largo del cañón fluvio-cárstico formado por el arroyo del que recibe el nombre. Desde el punto de vista geológico, el valle se encaja en los materiales detrítico-carbonáticos de edad Cretácico superior (Turoniense-Maastrichtiense) que orlan discordantemente las litologías ígneo-metamórficas al pie de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central español). La serie cretácica está formada por una sucesión de arenas, arcillas y gravas en la base (Fm. *Arenas y arcillas de Segovia*; C<sub>3</sub> de Alonso, 1981), que dan paso a sucesiones de dolomías tableadas, margas y arcillas (Fm. *Dolomías tableadas de Caballar*; C<sub>4</sub> de Alonso, *op. cit.*), y éstas a su vez a materiales detríticos cementados por carbonatos (Fm. *Areniscas dolomíticas de Hontoria*, C<sub>5</sub> de Alonso, *op. cit.*) y una alternancia de dolomías, margas calcáreas y areniscas (Fm. *Dolomías de Montejo*, C<sub>6</sub> de Alonso, *op. cit.*). Precisamente a lo largo de las paredes del valle se verifica el tránsito entre las formaciones C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub> y C<sub>6</sub>, con notable contraste litológico y en cuanto a sus características geotécnicas, lo que tiene enormes repercusiones en la génesis de los movimientos gravitacionales.

Los movimientos gravitacionales en el valle del Clamores no son un fenómeno novedoso ni aislado: la propia formación y evolución morfológica del cañón fluvio-cárstico se basa en gran medida en el desarrollo de desprendimientos, vuelcos (desplomes) y deslizamientos desde los cortados rocosos de sus márgenes. En este sentido cabe recordar algunos eventos acaecidos en tiempos recientes y de los que existe constancia documental, como el desprendimiento desde la pared derecha del cañón que tuvo lugar en 1979 y que afectó al sistema de iluminación del Alcázar de Segovia. El trabajo publicado por Díez Herrero y Martín Duque (1993) recoge las tipologías más habituales de movimientos, así como los factores condicionantes y desencadenantes principales en el entorno de la ciudad de Segovia.

Sin embargo, en la medida en que dichos fenómenos pueden interferir con las actividades humanas suponen un riesgo potencial, en especial para las actividades de ocio-recreativo hacia las que se ha orientado gran parte de este espacio periurbano (figura 106); no en vano esta zona fue incluida dentro de las áreas de riesgo alto en el mapa de peligrosidad elaborado por Díez y Martín, *op. cit.* Por ello, se hace imprescindible la adopción de medidas paliativas de los daños que, al ser inviables con carácter predictivo e insatisfactorias con carácter correctivo, deben centrarse en aspectos preventivos, esto es,

enfocadas a la delimitación y caracterización la peligrosidad para disminuir la exposición al riesgo.



Figura 106. Cicatriz de desprendimiento y bloques desprendidos desde taludes verticalizados en la ladera izquierda de la cabecera del cañón del Clamores.

### **Tipología y factores condicionantes de los fenómenos gravitacionales en el Valle del Clamores**

Pueden definirse tres **tipologías básicas** de fenómenos gravitacionales en el valle, aunque con solución de continuidad y transición entre ellas:

- \* *Desprendimientos por descalce* de promontorios situados en laderas plano-convexas o biconvexas. Consisten en la caída de bloques o derrubios desde las paredes extraplomadas que se han individualizado aprovechando las diferentes discontinuidades de la roca y en combinación con la actividad periglacial (gelifracción). El descalce pudo producirse por socavación lateral durante el encajamiento del arroyo Clamores en su trazado meandriforme (orilla externa o convexa), o por disgregación y/o desprendimiento granular de los materiales infrayacentes por humectación o procesos kársticos; o incluso actividades antrópicas.

- \* *Colapsos de los techos de las cavidades, solapos y abrigos* de origen fluvio cárstico que existen en las paredes del cañón (figura 107). Constituyen caídas o simples combamientos (*bending*) de los estratos por falta de sustentación en techo y paredes de galerías subhorizontales o abrigos hemielipsoidales freático-vadosos, disectados por el encajamiento fluvial. En el propio 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. Las porciones desprendidas lo hacen por inestabilidad de la bóveda en forma de pequeños descamamientos o de grandes bloques paralelipípedicos a favor de los planos de estratificación o de otras discontinuidades de la roca.
- \* *Movimientos de flujo del suelo tipo reptación (creep)*. Las márgenes internas de los meandros del valle, formadas por laderas coluvionadas de alta pendiente, presentan movimientos fluidales de escasa entidad que en ninguna ocasión son generadores de riesgo, salvo que se combinen con alguna de las tipologías anteriores.



Figura 107. Cortado en roca con bloque inestable con las diaclasas selladas con gunita (izquierda) y solapo en extraplomo en un área estancial con abundantes rezumes del acuífero cárstico (derecha).

Los principales **factores condicionantes** de estos fenómenos gravitacionales son la pendiente y las características litológicas de las formaciones rocosas. El primer aspecto deriva de la verticalidad de muchas de las laderas, fundamentalmente en las márgenes externas de meandros, ocasionada por la combinación de la erosión fluvial con el desmantelamiento de redes cársticas

infrayacentes. En lo que se refiere a las características litológicas, hay que diferenciar las propias de la petrología (composición, porosidad, grado de cementación, etc.) de otras secundarias, entre las que destaca la presencia de numerosas superficies de discontinuidad en la roca.

Petrologicamente se pueden diferenciar dos conjuntos en las paredes del valle:

- *Areniscas con cemento dolomítico*. Integrado por arenas medias y finas de cuarzo, encontrándose en menor proporción feldespatos y restos de moluscos; todos ellos cementados por dolomita. Son cuerpos de 0,5 a 1,5 m de espesor y extensión lateral de 5 a 10 m con estratificación cruzada, a veces distorsionada debido a la bioturbación. Procesos postsedimentarios como la dolomitización, dedolomitización, karstificación, y disolución parcial de los granos de cuarzo, hacen que no sean rocas muy consistentes, sino fácilmente deleznable al contacto con la mano. En el valle constituyen la base de los cortados en las proximidades de Sancti Spiritu y cerca de la desembocadura al río Eresma, siendo niveles a favor de los cuales se han desarrollado numerosos abrigos y solapos.

- *Dolomías arenosas y margas*. Integrado por dolomías parcialmente dedolomitizadas con arenas de cuarzo y restos de bivalvos, donde son frecuentes cavidades rellenas de calcita. Son cuerpos de 0,25 a 0,60 m de espesor y gran continuidad lateral, sin estructuras internas reseñables salvo laminaciones estromatolíticas. Constituyen la mayor parte de los tramos medios y altos de las laderas del valle, sirviendo de techo en su contacto con las areniscas dolomíticas de abrigos y solapos por su mayor grado de cementación y consolidación.

Por lo que se refiere a las discontinuidades, la convergencia de varias superficies facilita la formación de bloques individualizados, cuñas o paralelepípedos que se desplazan a favor de la gravedad. Las principales discontinuidades son:

- *Superficies de estratificación*, manifestadas por interrupciones, con o sin erosión y huellas de emersión, en la sedimentación marina. En ocasiones presentan *joints* arcillosos, arenosos o margosos y formas alabeadas, e incluso notablemente irregulares por bioturbaciones intensas en la base. Suele adoptar disposición subhorizontal, ligeramente combada, pero en ningún caso superando los 10º de inclinación a lo largo del valle, con dirección general NE-SO y buzamiento NO.
- *Laminaciones internas y estratificaciones cruzadas de tipo planar o de surco*, con ordenaciones granodecrescientes de las partículas o alternancia

en el contenido en matriz o cemento. Suelen estar dispuestas en direcciones contrapuestas y cambiantes, con inclinaciones que nunca superan los 26°, siendo común 18-20°.

- *Diaclasado*, tanto tectónico (alpino) como debido a descompresión por descarga. Se trata de familias de fracturas, normalmente sin relleno o con escaso relleno de carácter limo-arcilloso, subverticales y ligeramente alabeadas. A falta de un exhaustivo análisis estadístico, se observa la repetición sistemática de determinadas direcciones en el valle, como N 20-30° y N110-120°.
- *Alineaciones de macroporosidades*, como superficies de concentración de geodas o huecos de disolución de cantos blandos. Se disponen paralelas a los planos de estratificación o a los cambios de permeabilidad de la roca (frentes de dolomitización).

Partiendo de esos factores condicionantes, existen otra serie de circunstancias que pueden activar instantáneamente el fenómeno, denominadas **factores desencadenantes**, entre las que destacan:

- \* Presencia de *ciclos diarios de hielo-deshielo*, asociados al extremo clima de Segovia, que presenta una media anual de 85 días de helada y un periodo probable con heladas de ocho meses, de octubre a mayo.
- \* *Vibraciones* en las inmediaciones de los cortados, principalmente debidas a la actividad antrópica, como la circulación de vehículos pesados por la Cuesta de los Hoyos, donde las vibraciones se amplifican por el firme adoquinado. Igualmente, el ruido de la circulación de vehículos, del tránsito de personas y animales de compañía, o de hechos puntuales pero intensos que se producen en su entorno (fuegos artificiales de la noche de San Pedro, 29 de junio, desde los altos de La Piedad; salvas artilleras del 2 de mayo).
- \* Existencia de *vegetación de porte arbóreo o arbustivo* que aprovecha las discontinuidades de la roca para el crecimiento del aparato radicular, ejerciendo un efecto de cuña y facilitando la meteorización y ampliación de las fracturas. En este sentido, el efecto es doble y contrapuesto, ya que en ocasiones es precisamente esta vegetación la que fija bloques inestables.
- \* Presencia de *agua* en las proximidades, que aumenta el peso de la masa de roca, facilita su disgregación y/o meteorización química (karstificación) y lubrica las superficies de discontinuidad. En este sentido cabe resaltar las filtraciones producidas desde el recinto amurallado y en el sistema de drenaje longitudinal de la Cuesta de los Hoyos.

- \* *Zapado artificial* de vertientes, como ha ocurrido desde tiempos históricos en la base de la muralla de la Ciudad para su aprovechamiento como material de construcción (Díez y Martín, 1993).

### **Los fenómenos gravitacionales en las áreas estanciales del parque periurbano**

Si nos restringimos a la zona delimitada como paseos vallados y áreas estanciales del parque periurbano, dos son las zonas con mayor riesgo de movimientos gravitacionales:

- \* *Área estancial de las proximidades de Sancti Spiritu* (figura 108 izquierda). Se trata de la zona donde se produjo el colapso del techo del solapo durante la noche del 6 de marzo de 1999. Consistió en la caída por desprendimiento de una laja de morfología paralelepípedica (cuña) de unas medidas de 6 x 0,95 x 3,6 m en el techo de un solapo; lo desprendido fueron areniscas dolomíticas sueltas con laminaciones cruzadas, quedando como nivel limitante superior un plano de estratificación de las suprayacentes dolomías arenosas. El desprendimiento se produjo a favor de los propios planos de estratificación subhorizontales, la laminación cruzada y la convergencia de varias diaclasas subverticales con direcciones N118°, N18°, N68° y N156°. Aunque el volumen movilizado fue relativamente pequeño (próximo a los 10 m<sup>3</sup>) y la frecuencia de fenómenos es relativamente baja, su accesibilidad y lo frecuentado del lugar suponen un riesgo potencial importante.
- \* *Área estancial de las inmediaciones del manantial de la Hontanilla* (figura 108 derecha). Se trata de un solapo donde ya se han producido desprendimientos recientes, y donde la abundante presencia de agua y zonas karstificadas, unido a la convergencia de varios sistemas de diaclasas subverticales (N26-29°, N54-55° y N96°) en una ladera extraplomada, crea una situación potencial de riesgo extrema; de hecho, son frecuentes los pequeños desprendimientos de lajas decimétricas por desescamado de los niveles margodolomíticos.



Figura 108. Abrigos y solapos extraplomados en áreas estanciales del parque periurbano del valle del Clamores (Sancti Spiritu, a la izquierda; la Hontanilla, a la derecha), muy frecuentados por transeúntes y visitantes.

### **Recomendaciones para la prevención del riesgo de movimientos gravitacionales en el valle del Clamores**

La problemática anteriormente expuesta genera la existencia de situaciones de riesgo ante los fenómenos gravitacionales, ya que si bien la peligrosidad es baja (escaso volumen movilizado y baja frecuencia de ocurrencia), la exposición y vulnerabilidad de las personas y bienes expuestos es elevada, sobre todo a raíz de la adecuación del valle como área recreativa.

Con el objetivo de minimizar este riesgo se pueden adoptar medidas predictivas, preventivas o correctivas. Las predictivas, enfocadas a la predicción espacio-temporal de los fenómenos, resultan prácticamente ciencia ficción en el estado actual de conocimientos, siendo únicamente predecible la ocurrencia de fenómenos tras circunstancias meteorológicas adversas (fuertes heladas nocturnas, temporales de viento y nieve, etc.) o interferencias antrópicas (explosiones, circulación de vehículos pesados, etc.). Las correctivas, ya adoptadas a raíz del desprendimiento del solapo de Sancti Spiritu el día 6 de marzo de 1999, resultan costosas y desde todo punto de vista insatisfactorias, porque no minimizan las consecuencias sobre las personas en riesgo.

Por ello, las actuaciones que se recomiendan van encaminadas preferentemente a las medidas preventivas del riesgo, que persiguen minimizar la peligrosidad y la exposición de personas y bienes. En este sentido y en contra de la tradicional polémica entre medidas estructurales y no estructurales, se recomienda la adopción de actuaciones intermedias que combinen ambas: intervenciones ingenieriles en aquellos lugares de especial riesgo y una ordenación de los usos en la mayor parte del valle.

Las actuaciones estructurales deben centrarse en el saneamiento de los bloques y sectores de las laderas con mayor inestabilidad potencial, como

varios promontorios delimitados por diaclasas abiertas en manifiesto peligro de desprendimiento. Debería combinar acciones de eliminación de carga y retirada de material con la maquinaria adecuada (retroexcavadora y grúa), con la fijación de los elementos consolidables mediante bulonado, impermeabilización de filtraciones, consolidación de rocas sueltas (gunitado; figura 109), o su retención en origen mediante mallados de triple torsión.

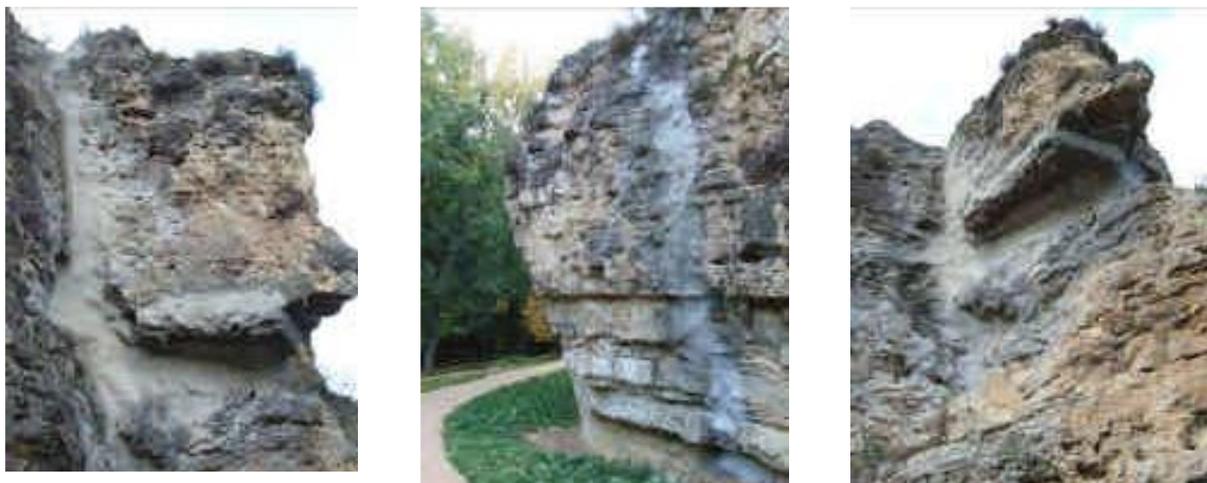


Figura 109. Diferentes vistas de las 'soluciones' de estabilización por gunitado de diaclasas y grietas en los macizos rocosos del valle del Clamores.

En todo caso, este tipo de actuaciones requeriría unos proyectos de actuación detallados y bien documentados, a desarrollar por organismos especializados al respecto como el Laboratorio de Geotecnia del CEDEX (actualmente en el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana) y el Área de Riesgos Geológicos del IGME-CSIC (ahora en el Ministerio de Ciencia e Innovación). Igualmente, no deberían escatimarse precauciones y reducir las actuaciones a su mínima expresión, dada la fragilidad paisajística del entorno en el que se enmarca el valle y el necesario respeto a sus valores naturales.

Las actuaciones no estructurales, más económicas y menos impactantes, pueden enfocarse desde dos puntos de vista:

- \* Disminución de la peligrosidad, haciendo hincapié en los factores desencadenantes, como la reducción del tráfico pesado por la Cuesta de los Hoyos y la prohibición de producir ruidos (explosiones o tráfico motorizado) en el valle. Ante la imposibilidad de eliminar eventos como la pirotecnia del día 29 de junio, sería conveniente realizar inspecciones periódicas de las zonas peligrosas tras situaciones que, como ésta, hayan causado fuertes vibraciones.
- \* Minimización de la exposición, fundamentalmente de las personas y animales de compañía, vallando las zonas peligrosas e instalando las oportunas señalizaciones informativas y disuasorias del uso o la estancia

en ellas (figura 110); en este sentido sería preciso incidir en el cumplimiento de la prohibición de pasear animales de compañía sin la oportuna correa, hecho que repercute en su movilidad y en la de sus propietarios por áreas no delimitadas. Combinado con la señalización sería oportuna una campaña informativa, no alarmista, en los medios de comunicación locales.



Figura 110. Señalización del peligro de desprendimientos en los vallados de la zona peatonal (izquierda) y en los taludes más inestables de las áreas estanciales (derecha).

En cualquier caso, se debe partir de la convicción de que es imposible alcanzar la situación de riesgo cero manteniendo los actuales usos en el valle, con lo cual debe alcanzarse una decisión de riesgo asumible por la población y los responsables técnicos municipales.

## PARADA 14. Inundaciones históricas en el valle del Clamores

Para el arroyo Clamores, a pesar de su modesto caudal y su variable régimen, se tiene constancia documental de numerosos eventos de avenidas históricas, muchas de ellas coincidentes en el tiempo con las de su vecino el río Eresma, y otras que en esta cuenca torrencial tuvieron un carácter mucho más catastrófico. Es el caso de la avenida de 1733, las acontecidas a mediados y finales del siglo XIX, la bien conocida inundación del verano de 1981, y las consecuencias de la última avenida súbita de agosto de 2019.

De la primera, se conserva el maravilloso y pormenorizado relato de Juan Antonio Marín (1733), transcrito en *Estudios Segovianos*, que da todo tipo de detalles sobre los efectos al paso de la avenida por los distintos tramos de la ciudad (figuras 111 y 112).

Incluso se han tratado de reconstruir los caudales circulantes a partir de modelos hidráulicos retrospectivos utilizando los niveles alcanzados en el puente de Valdevilla y a su paso por Santa Eulalia; y estimar la cuantía de la precipitación causante del evento mediante complejos modelos hidrometeorológicos de la cuenca (Bodoque *et al.*, 2003; Bodoque 2006). El caudal punta estimado en el puente de Valdevilla, como consecuencia de la ocurrencia del evento de inundación de 23 de junio de 1733 fue de 40 m<sup>3</sup>/s (figura 113). Sin embargo, para el mismo evento el caudal punta determinado en el entorno de la iglesia de Santa Olalla fue de 135 m<sup>3</sup>/s. La implementación del modelo hidrológico retrospectivo dio como resultado un hietograma de intensidad punta equivalente a 378 mm/hora.

De la inundación producida por desbordamiento del Clamores el 5 de junio de 1853 se conserva un parte en el Archivo Municipal de Segovia donde describe cómo las aguas bajaron con fuerza desde la Dehesa, desbordaron los puentes del Cañamón y Caño Grande e inundaron las casas de la calle de Cantarranas. El puente del Verdugo no pudo resistir el embate y se derrumbó; “*y las dos huertas tituladas del Juego de Pelota han quedado enteramente arrasadas en su parte más baja, pues donde no han abierto nuevos cauces la corriente, ha quedado cubierto con infinitos carros de escombros y arenas sobre las tablas de hortalizas*”.

Memoria trágica de lo que sucedió el día 23 de junio (*al margen*: San Juan) del año del Señor de 1733. A las cinco y cuarto de la tarde se levantó tan recia tempestad de relámpagos pavorosos, de horribles truenos, de copiosa agua y de granizo

grueso, que puso la ciudad en confusión y el corazón más duro lastimablemente afligido, pues apenas se podía escribir por la oscuridad del cielo. Lidiaban las nubes con vientos contrarios que las movían a distintos rumbos, pero todo el golpe de su furia descargaron sobre los prados de la Hoz, y hacia la media legua, congregándose las aguas por las quiebras y barrancos, hicieron al *Clamores*, de arroyo humilde, soberbio e irritado río.

---

Corrió la Huerta del Moro, llevándose sus frutos, arrancó los pretiles del puente del Rastro, echó a tierra las tapias del jardín del Espiritu Santo, dejándole destruido. Aunque aquí le prevenían a un hombre desde lejos, con voces y señas, no pasase el puente del Calvario, por cubrirle el agua, fiado en su buena mula se arrogó a ello; pero la corriente, haciendo su oficio, le atropelló de tal suerte que, dando vueltas hombre y mula, miserablemente vinieron a fenecer en un instante por su temeridad.

Aquí ya *Clamores* corría más ufano con el aumento de las aguas, que recogía de las que recogía de la ciudad y arrabal y con las que le buscaban de las laderas de las cuestas vecinas, con que olvidado del destrozo que hasta allí había hecho, descargó de nuevo su furia en las Tenerías, que arrancó y desunió a las más de ellas, dejando pocas en pie, hasta que, no cansado de derribar, destruir y talar, perdiendo el nombre, se arrojó a *Eresma*, donde murió, dejando sin vida nueve personas, ahoga-

das muchas caballerías, deshizo cerca de trescientas casas, dejó sin vida doscientas familias, reduciéndolas a más de ochocientos pobres, y entre ellos muchos sin capa, pues se la llevó; que aunque no se puede valorear el daño que hizo con ser considerable, pasa de quinientos y cuarenta mil ducados, perpetuo su destrozo en los anales segovianos.

Figura 111. Extractos de fragmentos del relato de Juan Antonio Marín (1733) narrando la avenida catastrófica de 23 de junio de 1733 en el valle bajo del arroyo Clamores por Segovia.



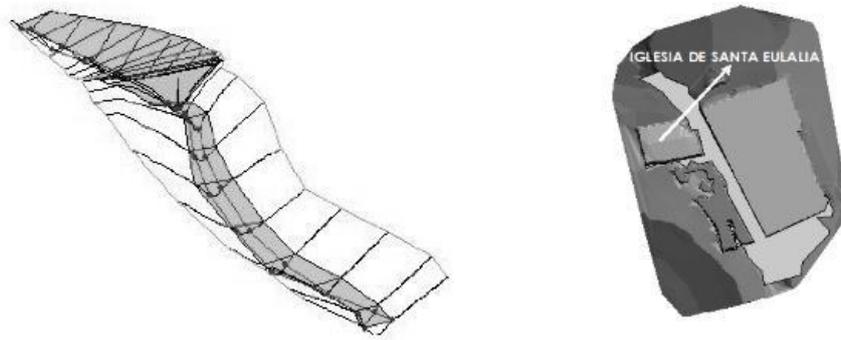


Figura 113. Resultado del modelo hidráulico numérico para la reconstrucción de la dinámica de la riada de 1733 en un tramo del cauce del arroyo Clamores a su paso por la ciudad de Segovia (Bodoque et al., 2003; Bodoque, 2006).

La inundación producida por el Clamores en la tormenta de agosto de 1981 fue profusamente recogida por la prensa local (*El Adelantado de Segovia*, 7 de agosto de 1981; figura 114) y por ininidad de fotografías de época. Aunque causó numerosos daños y anegamientos, los mayores perjuicios se centraron en la actual plaza de Somorrostro (barrio de Santa Eulalia) y en la plaza del Doctor Gila (San Millán), donde varios vehículos entraron en flotación y se acumularon, chocando entre sí y contra los obstáculos. Entre las anécdotas más recordadas por la población local se encuentra que un puesto ambulante estacional de venta de melones y sandías, propiedad del conocido frutero Varela, fue anegado y los melones y sandías circulaban flotando arrastrados por la corriente, ante la admiración de los segovianos. También se recordará por la inundación abrió un boquete junto a una de las aulas prefabricadas, que entonces había en la zona conocida como polígono de San Millán.



Figura 114. Portada de *El Adelantado de Segovia* del 7 de agosto de 1981 informando de las inundaciones en las zonas urbanas por donde antes circulaba el arroyo Clamores, entonces ya soterrado.

En septiembre de 1999 las fuertes precipitaciones causaron inundaciones por desbordamiento del arroyo Clamores y su red de colectores, que afectaron sobre todo a puntos de los barrios de San Millán, San Marcos y San Lorenzo.

Por último, la avenida súbita de la tarde del 27 de agosto de 2019, aunque produjo algunos anegamientos locales en los mismos lugares que las anteriores (plazas de Somorrostro y Doctor Gila), tuvo como principal consecuencia catastrófica el hundimiento decamétrico del firme en la plaza de Aurelio Hernández de San Millán, por entrada en carga y colapso de la conducción subterránea del arroyo Clamores, que enguyó dos vehículos estacionados encima (figura 115). La reparación de este hundimiento, el reforzamiento de la cimentación del edificio próximo y la reconstrucción de la canalización subterránea en este tramo, han tenido un coste de varios centenares de miles de euros para el Ayuntamiento de Segovia.



*Figura 115. Socavón en la plaza Aurelio Hernández del barrio de San Millán, formado por el colapso de la bóveda de la conducción subterránea del arroyo Clamores, tras la avenida súbita del 27 de agosto de 2019.*

## PARADA 15. Deslizamiento rotacional de la antigua estación de ferrocarril y movimientos de ladera en El Tejerín

La estación de ferrocarril de Segovia, establecida a finales del siglo XIX, se encuentra ubicada en el fondo de una amplia vaguada (surco subsecuente de los relieves estructurales en cuesta), y flanqueada por dos laderas de dilatada y compleja evolución geológica. En dichas laderas existen diferentes materiales geológicos (arcillas, gravas, arenas, gneises, areniscas, calizas, dolomías; figura 116) cuyo comportamiento geomecánico, unido a la pendiente de las vertientes y a la acción humana (socavación, relleno, minería; figura 117), han inducido que se produzcan diferentes movimientos de ladera.

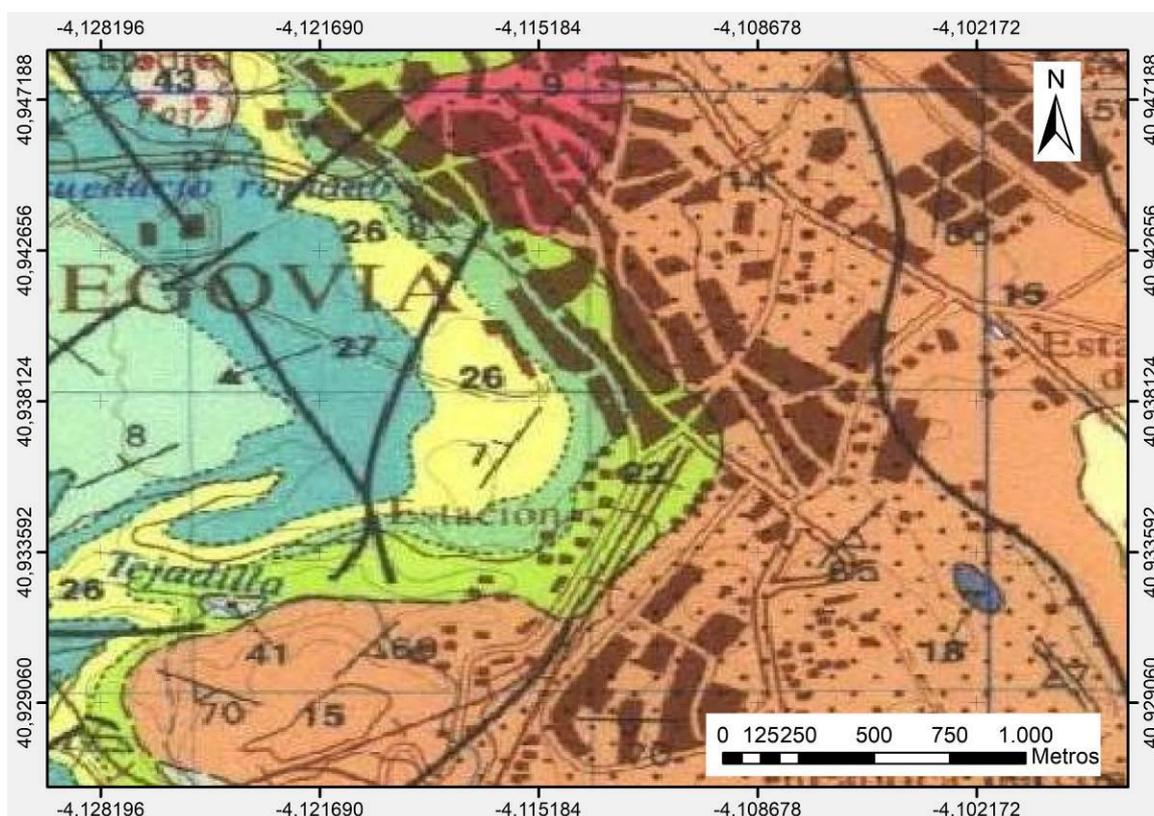


Figura 116. Recorte del mapa geológico a escala 1:50.000 de Segovia (483), con el detalle del entorno de la estación de trenes de Segovia, a caballo entre las rocas metamórficas (color anaranjado) y las rocas sedimentarias (colores verdes, azules y beige). Sistema de Coordenadas Geográficas, European Datum 1950. Martínez Salanova et al. (1991). Fuente: IGME ([www.igme.es](http://www.igme.es)).

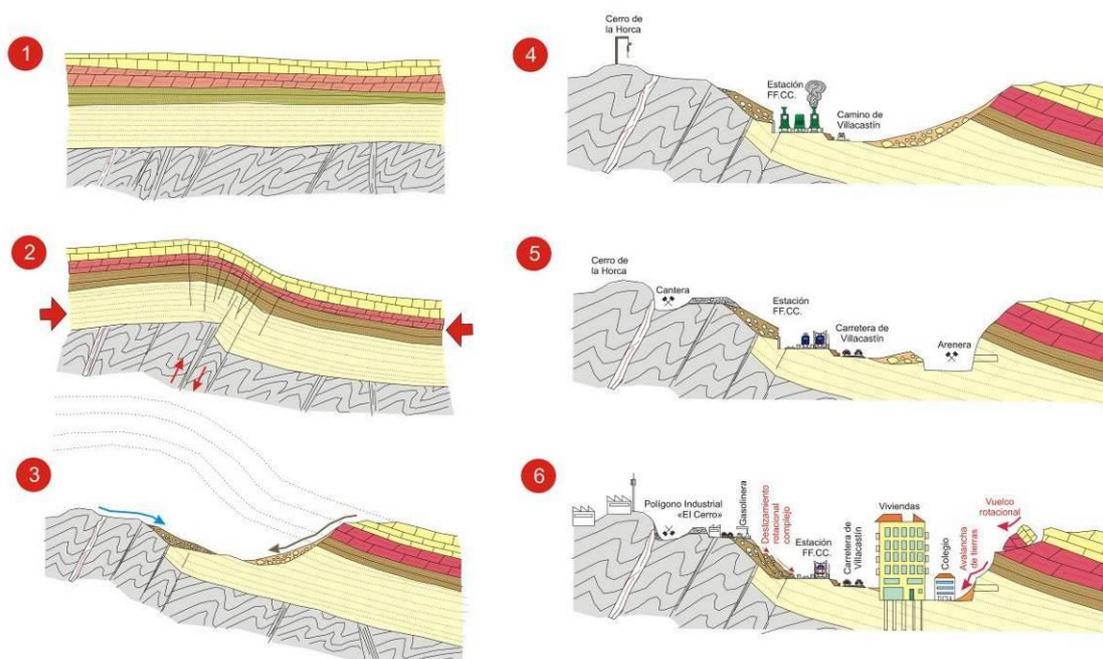


Figura 117. Secuencia evolutiva de cortes geológicos para el entorno de la estación de ferrocarril de Segovia, y los movimientos de ladera asociados: (1) Cretácico superior; (2) Mioceno; (3) Plio-Pleistoceno; (4) Finales del siglo XIX; (5) Mediados del siglo XX; (6) Finales del siglo XX y principios del siglo XXI.

La ladera suroriental está constituida por una sucesión de arenas silíceas y arcillas cretácicas (facies Utrillas), que son cabalgadas mediante una falla inversa por los gneises fracturados del piedemonte serrano, y todo ello tapizado por un coluvión de cantos de cuarzo empastados en matriz arcillosa.

Al pie de la ladera, zapando ligeramente su perfil inferior, se implantó en 1888 una parte de la estación de ferrocarril, en concreto la vía de acceso al almacén de máquinas, el propio edificio de almacén con su plataforma giratoria, y un murete de contención. Posteriormente, en la parte superior de la ladera se implantó a lo largo de la segunda mitad del siglo XX un polígono industrial, denominado El Cerro por haberse ubicado allí el antiguo cerro de la horca, donde se ajusticiaba a los condenados en Segovia; y una cantera de áridos de machaqueo. Ello supuso nuevas aperturas de taludes y, sobre todo, aterramientos y terraplenes que sobrecargaron la ladera y añadieron materiales sueltos (escombros) escasamente consolidados.

Como consecuencia de estas actuaciones antrópicas en una ladera ya de por sí muy inestable (en situación de riesgo), se desencadenó a inicios de la década de 1980 un **deslizamiento rotacional complejo**, con múltiples superficies de rotura, todas ellas cóncavas de perfil elíptico (figuras 118 y 119). En principio afectó a un amplio sector de la ladera, desde la trasera del almacén de máquinas hasta las primeras edificaciones de residencia del personal ferroviario; luego quedó restringido a la parte central, con un perfil típico de deslizamiento rotacional y todos sus elementos característicos (grieta

y salto de coronación; bloques hundidos y levantados rotados y a contrapendiente; grietas longitudinales, transversales y radiales, etc.; figura 120); el pie de la lengua del deslizamiento, en un característico flujo, invadió la vía de acceso al almacén de máquinas (figura 122), combó el murete de contención y lo llegó a romper en varios sitios (figura 121).



Figura 118. Fotografía aérea oblicua de la lengua y el pie del deslizamiento de la estación de ferrocarril convencional de Segovia, invadiendo las vías de reserva y desplazando y rompiendo el murete perimetral; con sus líneas de rotura bloques hundidos y levantados y direcciones preferentes de flujo. Foto: Rodrigo Verdugo Vicente.

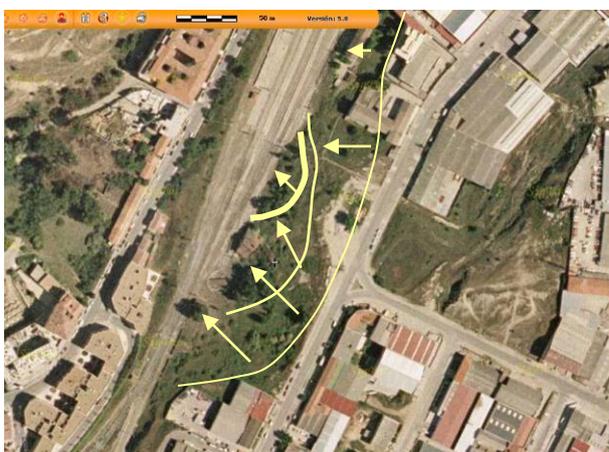


Figura 119. Ortofotografía aérea de la zona de la estación del ferrocarril y su entorno, con el polígono industrial El Cerro y el antiguo almacén de máquinas; en amarillo, las sucesivas reactivaciones del movimiento de ladera. Fuente: SIGPAC.

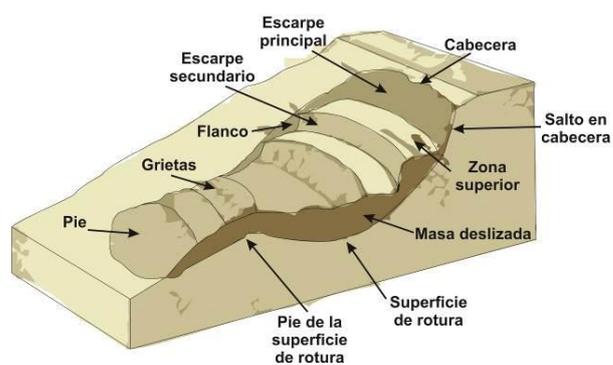


Figura 120. Esquema de las partes y elementos característicos de un deslizamiento rotacional. Modificado y simplificado de González de Vallejo et al. (2002).



Figura 121. Pie y frente del deslizamiento rotacional invadiendo la vía de acceso al almacén de máquinas, y combando y rompiendo el murete de contención. Fotografía de mediados de la década de 1980.



Figura 122. Pie del deslizamiento rotacional complejo en un movimiento de avance a comienzos de la década de 1980, cubriendo la vía de reserva de la estación de ferrocarril.

Aunque en la actualidad parece estar detenido el movimiento del deslizamiento, en realidad el conjunto de la ladera tiene un lento movimiento, como se puede apreciar en muchas de las instalaciones del polígono industrial, cuyos muretes y cimentaciones tienen numerosos agrietamientos y desplazamientos relativos (figura 123); de hecho, muchas de estas empresas han gastado y gastan enormes cantidades de dinero en subsanar los desperfectos ocasionados por estos movimientos. A pesar de ello, varias naves y patios de industrias se levantan verticalmente varias decenas de metros sobre el talud inestable, constituyendo auténticas situaciones de riesgo.



Figura 123. Agrietamientos y desencajamientos de los muros y módulos de la cimentación de edificios y naves en las inmediaciones del deslizamiento.



La ladera noroccidental está formada por la sucesión de rocas cretácicas, con las arenas silíceas y arcillas en la base, dolomías tableadas, areniscas dolomíticas, y dolomías y calizas a techo; todo ello recubierto por un manto coluvional de cantos y bloques calcáreos en matriz limo-arcillosa. Históricamente en esta zona se extraían arenas silíceas y arcillas (greda) mediante minería de galerías; de ahí el nombre del paraje (El Tejerín), por la presencia de fábricas de productos cerámicos. Pero es a partir de la década de 1960 cuando la mejora en la maquinaria permite realizar minería de superficie (contorno o ladera) para la explotación de las arenas silíceas, que abastecían a la fábrica de vidrio de La Granja de San Ildefonso. Estas explotaciones mineras socavan y zapan la base de la ladera y, al no retranquear la parte alta, inducen movimientos de ladera en la parte media-superior. Los principales movimientos son **vuelcos** de los paquetes de areniscas y dolomías, pero también desprendimientos y deslizamientos rotacionales (figura 124). Aunque con extensión limitada, el riesgo en la zona es alto, al haberse instalado al pie un centro de enseñanza, instalaciones industriales, infraviviendas y un pabellón polideportivo, un aparcamiento y unas pistas deportivas al aire libre.



*Figura 124. Vuelcos en la parte media-superior de la ladera noroccidental, mediante los cuales los bancos de dolomías y areniscas dolomíticas han pivotado sobre las arenas y arcillas de la base.*

De hecho, en marzo-abril de 2018 se produjeron importantes avalanchas y desprendimientos de rocas y tierra desde la parte culminante de estos escarpes de antiguas areneras, cuyos bloques y mantos de derrubios alcanzaron la proximidad del colegio Carlos de Lecea (figuras 125 y 126).

## **A modo de conclusión**

Desde nuestro punto de vista, la mejor manera de autoprotección y prevención ante la ocurrencia de estos movimientos gravitacionales se situaría en una Ordenación del Territorio que considerase este factor como limitante a los desarrollos urbanos. Algunos esfuerzos se han realizado ya a nivel comarcal (Martín Duque *et al.*, 2003), pero faltaría su aplicación e integración a escala de detalle en la planificación urbana de Segovia (Plan General de Ordenación Urbana). A este nivel sería preciso elaborar verdaderos mapas de riesgo, mediante la integración de la peligrosidad natural (susceptibilidad espacial y temporal a la ocurrencia de estos fenómenos) y la vulnerabilidad (bienes y personas expuestos para cada localización).



*Figura 125. Avalancha de tierras producida en la primavera de 2018 desde el talud de la trasera del colegio Carlos de Lecea hasta la parte que actualmente ocupa un aparcamiento y una pista polideportiva.*



*Figura 126. Aspecto del talud de la trasera del colegio Carlos de Lecea en septiembre de 2021, una vez se construyeron un aparcamiento de vehículos y pistas polideportivas al pie, y se iniciaron obras de retranqueado del talud y terraplenado del pie.*

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEMET (2013). *Marzo, extremadamente lluvioso, con más del triple de precipitaciones*. Página web de la Agencia Española de Meteorología, sección Noticias, 02-04-2013: <http://www.aemet.es/es/noticias/2013/04/climatologicomarzo2013>
- Alonso Azcárate, J. y Díez Herrero, A. (2007). *Paseo geológico por los alrededores de la ciudad de Toledo*. Diputación Provincial de Toledo, Toledo, 91 pp.
- AS (2018). *Informe Anual, Agroseguro*, <https://agroseguro.es/informe-anual>
- Asenjo, M. (1987), *Segovia, la Ciudad y su Tierra a fines del Medievo*. Diputación Provincial de Segovia, Segovia, 709 pp.
- Assar, M. (1971). *Guide to sanitation in natural disasters*. World Health Organization (WHO). Accesible en línea en: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41031/10678\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41031/10678_eng.pdf)
- Baeza, T. (1864). *Historia de la Milagrosa imagen de María Santísima de la Fuencisla, Patrona de Segovia, y descripción de su célebre santuario extramuros de la misma Ciudad*. Imprenta de P. Ondero, Segovia, 251 pp.
- Bartolomé, B. y Sánchez, C. (1996). Nuestra Señora de las Aguas, una olvidada advocación segoviana. *Estudios Segovianos*, 94, 153-170.
- Bodoque, J.; Díez, A.; Martín-Duque, J.F.; Sanz, M.A. & Marcelo, G. de (2003). Effects of Historical Urban Development on Flood Hazard: The Clamores River Watershed and the Town of Segovia (Central Spain). In: V.R. Thorndycraft, G. Benito, M. Barriendos & M.C. Llasat (Eds.), *Palaeofloods, Historical Data & Climatic Variability: Applications in Flood Risk Assessment* (Proceedings of the PHEFRA International Workshop, Barcelona, 16-19<sup>th</sup> October, 2002), Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC), 52, 341-346.
- Bodoque del Pozo, J.M. (2006). *Ensayos metodológicos para la cuantificación de procesos geomorfológicos activos asociados a la hidrología de superficie en las Sierras de Guadarrama y Gredos*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Bullón, T. (1999). Dinámica geomorfológica en la Sierra de Guadarrama a través de fuentes históricas y documentales. En: *El territorio y su imagen*, vol. I, 57-67, Asociación de Geógrafos Españoles, Departamento de Geografía de la Universidad de Málaga, Málaga.
- Bullón, T. (2010). Avenidas fluviales históricas en el sector central de la Península Ibérica. En: X. Úbeda, D. Vericat, R.J. Batalla (Eds), *Avances de la Geomorfología en España, 2008-2010*. pp. 495-498. XI Reunión Nacional de Geomorfología, 20-24 septiembre de 2010. UB, CTFC, ULI y SEG, Solsona (Lérida).
- Bullón, T. (2011). Relationships between precipitation and floods in the fluvial basins of Central Spain based on documentary sources from the end of the 16th century. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 2215–2225

- Cachón de Mesa, J. (Dir., 2019). *El Perfil Ambiental de España 2018*. Ministerio para la Transición Ecológica. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones, Madrid, 207 pp.
- Canales Martínez, G. (Dir., 1999). *La catástrofe sísmica de 1829 y sus repercusiones*. Excma. Diputación Provincial de Alicante, Ayuntamiento de Almoradí y Universidad de Alicante, Murcia, 356 pp.
- CCS (2019). *Estadística Riesgos Extraordinarios. Serie 1971-2018*. Consorcio de Compensación de Seguros, Ministerio de Economía y Empresa, Madrid, 153 pp.
- Chaves, M.A. (1998). *Arquitectura y Urbanismo en la Ciudad de Segovia (1750-1950)*. Cámara de la propiedad urbana de Segovia, 454 pp., Segovia.
- CHD (2013). *Anuario de Aforos 2012-2013*. Página web <http://www.chduero.es>
- Colmenares, D. (1637). *Historia de la Insigne Ciudad de Segovia y Compendio de las Historias de Castilla*. Diego Díez Impresor, Segovia, 652 pp.
- Cosas de Lorca (2015). *La rotura del pantano de Puentes en 1.802*. <https://cosasdelorca.com/historia/la-rotura-del-pantano-de-puentes-en-1-802-id.2811.html>
- CRED (2019). *Natural disasters 2018*. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. Consultable en línea en: <https://www.cred.be/sites/default/files/CREDNaturalDisaster2018.pdf>
- Del Portillo, I. (2017). *Análisis geomorfológico y modelización de los desprendimientos rocosos en la ciudad de Segovia y su entorno*. Trabajo Fin de Master. L.M. Tanarro y A. Díez-Herrero (Dtors.), Máster en tecnologías de la información geográfica. Facultad de Geografía e Historia, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 69 pp. (inédito).
- DGPCE (2016). *Fallecidos por desastres naturales en España 1995-2015 (csv)*. Dirección General de Protección Civil y Emergencias (Ministerio del Interior). <http://www.interior.gob.es/web/archivos-y-documentacion/proteccion-civil-y-emergencias>
- Díez, A. (1999). *Recomendaciones para la prevención del riesgo de desprendimientos en el parque periurbano del Valle del Clamores (Segovia)*. Serie Informes Técnicos sobre Riesgos Naturales, 1. Servicio de Parques y Jardines del Excmo. Ayuntamiento de Segovia y Universidad S.E.K.
- Díez, A. (2000). *Informe técnico sobre los hundimientos acaecidos en la Cuesta de Santa Lucía en el mes de noviembre de 2000*. Serie Informes Técnicos sobre Riesgos Naturales, 2. Servicio de Parques y Jardines del Excmo. Ayuntamiento de Segovia y Universidad S.E.K.
- Díez Herrero, A. (2008a). *Breve informe de la visita de reconocimiento realizada a las excavaciones de las obras en la Casa de Moneda de Segovia (julio 2008)*. Informe para el Comité Científico asesor del proyecto museográfico, Segovia, 12 pp. (inédito).
- Díez Herrero, A. (2008b). Taller: ¡Doctor, doctor... que se me inunda la casa! *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16.1, 35-42.

- Díez Herrero, A. (2008c). Los riesgos geológicos y su estudio. En: Regueiro, M. (Ed.), *Guía metodológica para la elaboración de cartografías de riesgos naturales en España*, pp. 21-28. Ministerio de Vivienda e Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. Madrid, 187 pp.
- Díez Herrero, A. (2019). La Gea y la Historia de Segovia. En: Martínez Caballero, S. (Coord.), *Historia de Segovia y su provincia*, Vol. 1, La Gea. La Prehistoria. La Protohistoria, cap. 1, pp. 18-154, Diputación de Segovia, Segovia, 604 pp.
- Díez Herrero, A. (2020a). Primera aproximación al registro de avenidas e inundaciones históricas en la provincia de Segovia. En: López Ortiz, M.I. y Melgarejo Moreno, J. (Eds.), *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes*. 1211-1220. Libro de Actas del Congreso Nacional de Inundaciones, Orihuela 10 y 11 de septiembre de 2020. Editorial Universitat d'Alacant, Alacant, 1329 pp. ISBN: 978-84-1302-091-4.
- Díez Herrero, A. (2020b). Manifestaciones culturales populares en torno a las avenidas e inundaciones en la provincia de Segovia. En: López Ortiz, M.I. y Melgarejo Moreno, J. (Eds.), *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes*. 1221-1230. Libro de Actas del Congreso Nacional de Inundaciones, Orihuela 10 y 11 de septiembre de 2020. Editorial Universitat d'Alacant, Alacant, 1329 pp. ISBN: 978-84-1302-091-4.
- Díez Herrero, A.; Baillo Calvo, R.; Garrote Revilla, J.; Gutiérrez -Pérez, I.; Lain Huerta, L.; Mancebo Mancebo, M.J.; Martín Duque, J.F.; Pérez Cerdán, F.L. (2012). Propuesta para la calibración y validación de los análisis y cartografías de peligrosidad y riesgos naturales mediante el estudio de eventos recientes. En: A. González Díez (Coord.), *Avances de la Geomorfología de España*, pp. 155-158. Actas de la XII Reunión Nacional de Geomorfología, Santander, 17-20 septiembre de 2012. PUBliCan Ediciones, Universidad de Cantabria, Santander, 690 pp.
- Díez Herrero, A.; Camuñas, C.; del Pozo, J.; Mejías, M. (2016a). *Informe sobre la problemática y propuesta de soluciones para las inundaciones en la Real Casa de la Moneda de Segovia (Segovia)*. Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Informe técnico 3173/2015, 101 páginas + VI apéndices.
- Díez Herrero, A.; Hernández Ruiz, M.; Díez Marcelo, P.; Carrera Torres, C. (2020). Programa de educación infantil en el riesgo de inundaciones 'Venero Claro-Agua' (Ávila). En: López Ortiz, M.I. y Melgarejo Moreno, J. (Eds.), *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes*. 1191-1200. Libro de Actas del Congreso Nacional de Inundaciones, Orihuela 10 y 11 de septiembre de 2020. Editorial Universitat d'Alacant, Alacant, 1329 pp.
- Díez Herrero, A.; Laín Huerta, L.; Martín-Duque, J.F.; y Vicente Rodado, F. (2008a). *A todo riesgo II. Convivir con los desastres geológicos cotidianos*. Guión de la excursión científico-didáctica de la Semana de la Ciencia 2008. IGME, UCM e IE Universidad, Madrid-Segovia, 42 pp.
- Díez-Herrero, A., Laín Huerta, L., Martín-Duque, J.F. & Vicente Rodado, F. (2009). *A todo riesgo III. Convivir con los desastres geológicos cotidianos*. IGME, UCM and IE University, Madrid-Segovia, 44 pp.
- Díez-Herrero, A., Laín Huerta, L., Martín-Duque, J.F. & Vicente Rodado, F. (2010). *A todo riesgo IV. Convivir con los desastres geológicos cotidianos*. IGME, UCM, IE University y UNED, Madrid-Segovia, 68 pp.

- Díez Herrero, A.; Laín Huerta, L.; Martín-Duque, J.F.; Sacristán, N.; y Vicente Rodado, F. (2011). *A todo riesgo V. Convivir con los desastres geológicos cotidianos*. Guion de la excursión científico-didáctica de la Semana de la Ciencia 2011. IGME, UCM, UVa, UNED-Segovia y RSEHN, Segovia, 70 pp.
- Díez Herrero, A.; Laín Huerta, L.; Martín-Duque, J.F.; Sacristán, N.; y Vicente Rodado, F. (2012). *A todo riesgo VI. Convivir con los desastres geológicos cotidianos*. Guion de la excursión científico-didáctica de la Semana de la Ciencia 2012. IGME, UNED-Segovia y Universidad de Valladolid, Madrid-Segovia, 68 pp
- Díez Herrero, A.; Laín Huerta, L.; Martín Duque, J.F.; Sacristán, N.; y Vicente Rodado, F. (2013). *A todo riesgo VII. Convivir con los desastres geológicos cotidianos*. Guion de la excursión científico-didáctica de la Semana de la Ciencia 2013. IGME, UNED y Universidad de Valladolid, Madrid-Segovia, 72 pp.
- Díez Herrero, A.; García Peirotén, E.; Laín Huerta, L.; Martín Duque, J.F.; Martín Moreno, C.; Sacristán Arroyo, N.; y Vicente Rodado, F. (2014). *A todo riesgo VIII. Convivir con los desastres geológicos cotidianos*. Guion de la excursión científico-didáctica de la Semana de la Ciencia 2014. IGME y UNED-Segovia, Madrid-Segovia, 72 pp.
- Díez Herrero, A.; García Peirotén, E.; Laín Huerta, L.; Martín Duque, J.F.; Martín Moreno, C.; Sacristán Arroyo, N.; y Vicente Rodado, F. (2015). *A todo riesgo IX. Convivir con los desastres geológicos cotidianos*. Guion de la excursión científico-didáctica de la Semana de la Ciencia 2015. IGME y UNED-Segovia, Madrid-Segovia, 74 pp.
- Díez Herrero, A., García Peirotén, E., Laín Huerta, L., Martín Duque, J.F., Martín Moreno, C., Sacristán Arroyo, N., Vicente Rodado, F. (2016b). *A todo riesgo X. Convivir con los desastres geológicos cotidianos*. Guion de la excursión científico-didáctica de la Semana de la Ciencia 2016. IGME, Madrid-Segovia, 74 pp.
- Díez Herrero, A.; García Peirotén, E.; Laín Huerta, L.; Martín Duque, J.F.; Martín Moreno, C.; Sacristán Arroyo, N.; y Vicente Rodado, F. (2017). *A todo riesgo XI. Convivir con los desastres geológicos cotidianos*. Guion de la Excursión científico-divulgativa para la educación en riesgos geológicos celebrada en el marco de la Semana de la Ciencia de Castilla y León 2017. Instituto Geológico y Minero de España (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad), Madrid, 74 pp.
- Díez, A. y Martín, J.F. (1993a). Geología, geomorfología y paleontología. En: Abella, J.A. y Yoldi, L. (Coord.). Varios autores (1993). *Segovia: ecología y paisaje*. Guía para una comprensión integral de la Ciudad, 416 pp, Ed. MOPT, MEC, MAP y otros, Valladolid.
- Díez, A. y Martín Duque, J.F. (1993b). Fenómenos gravitacionales en el entorno de la ciudad de Segovia. Análisis de riesgos y aplicación a la ordenación territorial. En: R. Ortiz Silla (Ed.), *Problemática Geoambiental y Desarrollo*, pp. 681-692, Sociedad Española de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio, Murcia.
- Díez, A. y Martín Duque, J.F. (2005). *Las raíces del paisaje. Condicionantes geológicos del territorio de Segovia*. Colección Hombre y Naturaleza, nº 7. Junta de Castilla y León, Valladolid, 464 pp.

- Díez Herrero, A.; Martín-Duque, J.F.; y Vicente Rodado, F. (2007). *A todo riesgo. Convivir con los desastres geológicos cotidianos*. Guión de la excursión científico-didáctica de la Semana de la Ciencia 2007. IGME, UCM y USEK, Madrid-Segovia, 69 pp. (inédito). Consultable en [www.riada.es](http://www.riada.es), Material didáctico.
- Díez-Herrero, A.; Martín Duque, J.F. y Vicente Rodado, F. (2008b). Propuesta de actividad didáctica de campo sobre riesgos geológicos en la zona centro de la península Ibérica. En: A. Calonge, L. Rebollo, M.D. López-Carrillo, A. Rodrigo E I. Rábano (Eds.), *Actas del XV Simposio sobre Enseñanza de la Geología*. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Cuadernos del Museo Geominero, nº 11, 109-118.
- Díez Herrero, A.; Martín Moreno, C.; Sacristán Arroyo, N.; y Vicente Rodado, F. (2018). *A todo riesgo XII. Convivir con los desastres geológicos cotidianos*. Guión de la Excursión científico-divulgativa para la educación en riesgos geológicos celebrada en el marco de la Semana de la Ciencia de Castilla y León 2018. Instituto Geológico y Minero de España (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades) y Segovia Educa en Verde (Concejalía de Medio Ambiente; Ayuntamiento de Segovia), Madrid-Segovia, 75 pp.
- Díez Herrero, A., Martín Moreno, C., Sacristán Arroyo, N., Vicente Rodado, F. (2019). *A todo riesgo XIII. Convivir con los desastres geológicos cotidianos*. Guión de la excursión científico-divulgativa para la educación en riesgos geológicos celebrada en el marco de la Semana de la Ciencia de Castilla y León 2019. IGME y Segovia Educa en Verde, Madrid-Segovia, 75 pp.
- Díez Herrero, A., Martín Moreno, C., Sacristán Arroyo, N., Vicente Rodado, F. (2020). *A todo riesgo XIV. Convivir con los desastres geológicos cotidianos*. Guión de la excursión científico-divulgativa para la educación en riesgos geológicos celebrada en el marco de la Semana de la Ciencia de Castilla y León 2020. IGME y Segovia Educa en Verde, Madrid-Segovia, 76 pp.
- Díez-Herrero, A. y Vegas Salamanca, J. (2011). *De roca a roca. Descubre el patrimonio geológico de la ciudad de Segovia*. Ayuntamiento de Segovia, Segovia, 96 pp.
- Domínguez-Delmás, M., Trapaga-Monchet, K., Nayling, N., García-González, I. (2017). Natural hazards and building history: Roof structures of Segovia cathedral (Spain) reveal its history through tree-ring research. *Dendrochronologia*, 46, 1-13.
- Ferrer, M. (Dtora.); González de Vallejo, L.I.; García López-Davalillo, J.C.; Rodríguez, J.A.; Estévez, H.; Trimboli, M. (2004): *Pérdidas por terremotos e inundaciones en España durante el periodo 1987-2001 y su estimación para los próximos 30 años (2004-2033)*. Instituto Geológico y Minero de España y Consorcio de Compensación de Seguros, Madrid, 126 pp.
- García de Castro, E. (2009). *Informe sobre la crecida del río Eresma a su paso por Segovia durante los últimos días de enero de 2009, y sus efectos sobre la Casa de la Moneda*. Concejalía de Urbanismo, Obras y Servicios, Excmo. Ayuntamiento de Segovia, 6 páginas.
- García Velázquez, J. (2020). Nuestra Señora de las Aguas (Segovia). *Poemas de un pediatra*. Viernes, 9 de octubre de 2020.

<https://poemasdeunpediatra.blogspot.com/2020/10/nuestra-senora-de-las-aguas-segovia.html?m=1>

- García, J.A.; Bodoque, J.M.; Amérigo, M.; Ruiz, B.; Díez-Herrero, B. (2021). Social Marketing for Flood Risk Management: A Local Communication Campaign in Spain. En: Galán-Ladero, M.M. y Rivera, R. (Eds.), *Applied social marketing and quality of life. Case studies from an international perspective*, Book Series "Applying Quality of Life Research: Best Practices", Springer.
- Génova, M.M.; Díez-Herrero, A.; Martínez-Vallejo, B.; Ballesteros, J.A. (2010). Correlación entre avenidas históricas del registro documental y la datación dendrocronológica de maderas en la Casa de la Moneda de Segovia. En: X. Úbeda, D. Vericat, R.J. Batalla (Eds), *Avances de la Geomorfología en España, 2008-2010*. pp. 495-498. XI Reunión Nacional de Geomorfología, 20-24 septiembre de 2010. UB, CTFC, ULI y SEG, Solsona (Lérida).
- Génova, M.; Ballesteros-Cánovas, J.A.; Díez-Herrero, A.; Martínez-Callejo, B. (2011). Historical floods and dendrochronological dating of a wooden deck in the old Mint of Segovia, Spain. *Geoarchaeology: An International Journal*, 26 (5), 786-808.
- Génova, M., Muñoz, E., Moreno, M.A., Rodríguez-Pascua, M.A., Perucha, M.A., Díez-Herrero, A., (2015). Combining dendrochronological and archaeoseismological methods for studying the effects of Lisbon 1755 earthquake on the Segovia's Cathedral (Central Spain). *Tree rings in archaeology, climatology and ecology* (TRACE 2015). Abstract volume.
- Génova, M.; Díez-Herrero, A.; Muñoz, E.; De La Fuente, S.; Moreno, M.A.; Rodríguez-Pascua, M.A. (2018a). Datación de maderas y su aplicación en la determinación de efectos de desastres naturales en edificios segovianos. *Segovia Histórica*, 2-3 (2015-2016), 199-210.
- Génova, M., Díez-Herrero, A., Rodríguez-Pascua, M.A., Moreno-Asenjo, M.A. (2018b). Natural disasters written in historical woods: floods, a thunderbolt fire and an earthquake. *Journal of Cultural Heritage*, 32, 98–107.
- González de Vallejo, L.I.; Ferrer, M.; Ortuño, L.; Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Prentice Hall, Pearson Educación, Madrid, 764 pp.
- Hernández Ruiz, M.; García-Pozuelo Ben, M.; Díez Herrero, A.; Carrera Torres, C. (2020). Mejora de la percepción y conocimiento infantil sobre el riesgo de inundaciones: programa 'Venero Claro-Agua' (Ávila). En: López Ortiz, M.I. y Melgarejo Moreno, J. (Eds.), *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes*. 1201-1210. Libro de Actas del Congreso Nacional de Inundaciones, Orihuela 10 y 11 de septiembre de 2020. Editorial Universitat d'Alacant, Alacant, 1329 pp.
- López, M.T.; Martín, M.A.; Marcos, G.J.; Misiego, J.C.; Sanz, F.J.; Villanueva, L.A.; García, P.F. y Doval, M. (2005). *El antiguo Monasterio Premonstratense de Santa María de Los Huertos (Segovia)*. Memorias, Arqueología en Castilla y León, 13, Junta de Castilla y León, Valladolid, 69 pp.
- Maldonado, Notario (1611). *Probanza de los sucesos milagrosos que Nuestro Señor ha obrado con los devotos de Nuestra Señora de la Fuencisla*. Manuscrito, Facsímil con estudio introductorio, transcripción y edición crítica, Librería Cervantes, Segovia, 42 pp.

- Marín, J.A. (1733-1962). Gran crecida del Clamores 1733. *CollectaneaHistorica. Estudios. Segovianos*, t. XIV (XV), 281-287. Manuscrito de la biblioteca de la Real Academia de Historia y Arte de San Quince, Segovia.
- Martín Duque, J.F.; Godfrey, A.; Pedraza, J.; Díez, A.; Sanz, M.A.; Carrasco, R.M., y Bodoque, J.M. (2003). Landform Classification for Land Use Planning in Developed Areas: An Example in Segovia Province (Central Spain). *Environmental Management*, 32 (4), 488-498.
- Martín Duque, J.F.; de Alba, S. y Barbero, F. (2011). Capítulo 2. Consideraciones geomorfológicas e hidrológicas. En: Valladares, F., Balaguer, L., Mola, I, Escudero, A. y Alfaya, V. (eds.), *Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte*. Fundación Biodiversidad, Madrid, pp. 44-72.
- Martínez-Salanova, J., Olmo, A. del, y Pedraza, J. (1991). Mesozoico, Terciario y Cuaternario. In: ITGE (1991), *Hoja 483 (18-19) Segovia (mapa y memoria), Mapa geológico de España, Escala 1:50.000, Segunda Serie*, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid. 135 pp.
- Martínez Solares, J.M. y Rodríguez de la Torre, F. (2001). *Los efectos en España del Terremoto de Lisboa*. Monografía 19. Dirección General de Instituto Geográfico Nacional, Madrid.
- Murray, G.S. (2006). *La Historia del Real Ingenio de la Moneda de Segovia y el proyecto para su rehabilitación*. Ed. Fundación Real Ingenio de la Moneda de Segovia, 119 páginas.
- Murray, G.S.; Izaga, J.M. y Soler, J.M. (2006). *El Real Ingenio de la Moneda de Segovia. Maravilla tecnológica del siglo XVI*. Ed. Fundación Juanelo Turriano, Madrid, 353 pp.
- Murray, G.S. (2008). *El Real Ingenio de la Moneda de Segovia, Fábrica industrial más antigua, avanzada y completa que se conserva de la Humanidad. Razonamiento científico de la propuesta para su declaración como Patrimonio de la Humanidad*. Cámara de Comercio e Industria de Segovia, Segovia, 90 pp.
- Ras, M. (2017). Natural disasters don't exist but natural hazards do. *Our Perspectives. United Nations Development Programme (UNDP)*, UNDP Bureau for Policy and Programme Support. Disponible en línea en: <https://www.undp.org/content/undp/en/home/blog/2017/5/18/Natural-disasters-dont-exist-but-natural-hazards-do.html>
- Rodríguez-Pascua, M.A., Perucha, M.A., Silva, P.G., Giner Robles, J.L., Pérez-López, R., Díez Herrero, A. (2015). Efectos arqueosismológicos del terremoto de Lisboa (1755) en el patrimonio histórico de la ciudad de Segovia (España). *XIV Reunión Nacional de Cuaternario*, Granada 2015, 4 pp.
- Sacristán, N. y Vicente, F. (2018). *Las piedras y los paisajes en la cultura tradicional de la provincia de Segovia*. Becas de Investigación. Instituto Manuel González Herrero. Diputación Provincial de Segovia, Segovia, 420 pp.
- SAIH Duero (2013). *Sistema Automático de Información Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Duero*. Página web: <http://www.saih.chduero.es/>

Sánchez-Salguero, R., Hevia, A., Camarero, J.J., Treydte, K., Frank, D., Crivellaro, A., Domínguez-Delmás, M., Hellman, L., Kaczka, R.J., Kaye, M., Akhmetzyanov, L., Waseem Ashiq, M., Bhuyan, U., Bondarenko, O., Camisón, A., Camps, S., Constante García, V., Costa Vaz, F., Gavrila, I.G., Gulbranson, E., Huhtamaa, H., Janecka, K., Jeffers, D., Jochner, M., Koutecký, T., Lamrani-Alaoui, M., Lebreton-Anberrée, J., Martín Seijo, M., Matulewski, P., Metslaid, S., Miron, S., Morrisey, R., Opdebeeck, J., Ovchinnikov, S., Peters, R., Petritan, A.M., Popkova, M., Rehorkova, S., Rodríguez Ariza, M.O., Sánchez-Miranda, A., Van der Linden, M., Vannoppen, A., Volařík, D. (2017). An intensive tree-ring experience Connecting education and research during the 25th European Dendroecological Fieldweek (Asturias, Spain). *Dendrochronologia*, 42, 80–93.

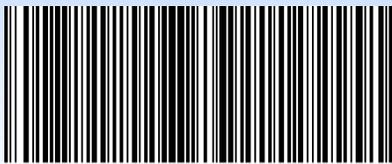
UNISDR (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. UNISDR/GE/2015 - ICLUX ES 1ª edición, 40 pp. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, [https://www.unisdr.org/files/43291\\_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf](https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf)

Vegas, J. y Díez-Herrero, A. (2021). An Assessment Method for Urban Geoheritage as a Model for Environmental Awareness and Geotourism (Segovia, Spain). *Geoheritage*, 13, 27.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer su colaboración con esta obra y las ediciones de la excursión 'A todo riesgo' a las siguientes personas e instituciones:

- Isabel Rábano, Carlos Camuñas, Jesús del Pozo, Mario Hernández, Miguel Ángel Rodríguez Pascua, María del Carmen Villaseca, Gregorio Arce y Ascensión González (IGME)
- Juan Pedro Velasco
- Miguel Ángel Moreno
- Juan Luis García Hourcade
- Amparo Martín Espinosa
- Rafael Cantalejo e Isabel Álvarez (Archivo Municipal de Segovia)
- Emilio García, Felipe Arroyo y Leopoldo Yoldi (Excmo. Ayuntamiento de Segovia)
- Claudia de Santos, Belén Peña, Patricia Otones, Ana Martín, Beatriz González, Arancha Cabrera y Teresa Vacas (Turismo de Segovia)
- Marisa y Pedro Delgado Robledo
- José Orcajo
- El Norte de Castilla y Antonio de Torre
- Ignacio Gutiérrez Pérez (US Ferrovial-Agromán)
- Estación MeteoSegovia y Adrián Escobar
- Javier López Alarma (Segovia al Día)
- Marina Sacristán
- Alberto Díez Herrero y Sara González Álvaro (Segovia Educa en Verde, Ayuntamiento de Segovia)
- Susana Gómez (Parque Científico de la UVa)
- Emilio Pascual GAETE
- Rodrigo Verdugo Vicente
- Emilio Carreño, exdirector de la Red Sísmica Nacional, por facilitarnos los sismogramas de los terremotos recientes de la provincia de Segovia.
- A todos los proyectos de investigación financiados competitivos en cuyo marco se han desarrollado las diferentes ediciones de la excursión divulgativa: GeoRiada (2006-2007); Dendro-Avenidas (2008-2010); MAS Dendro-Avenidas (2011-2014); MARCoNI (2015-2017); "Metodologías avanzadas para el análisis científico-técnico del riesgo por inundaciones para la mejora de la resiliencia y la reducción del riesgo" DRAINAGE-3-R (2018-2021) CGL2017-83546-C3-3-R (MINEICO/AEI/FEDER, UE); y "Mejora de la resiliencia estructural del Patrimonio Cultural ante eventos hidrometeorológicos direccionales extremos en el marco del Cambio Climático" RESCUhE (2021-2025), subproyectos PIC2020-116896RB-C21 y PIC2020-116896RB-C22, financiado por la Agencia Estatal de Investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación (AEI/10.13039/501100011033) del Gobierno de España.
- A los dos revisores del Comité de Publicaciones no periódicas del IGME que leyeron el manuscrito e hicieron sugerencias de cambios y mejoras; y al Servicio de Publicaciones del IGME.



978-84-9138-115-0



MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



Instituto Geológico  
y Minero de España