



Las raíces del paisaje

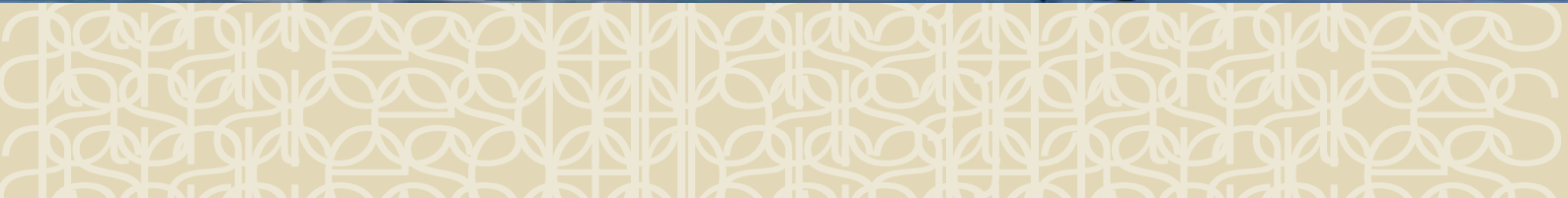
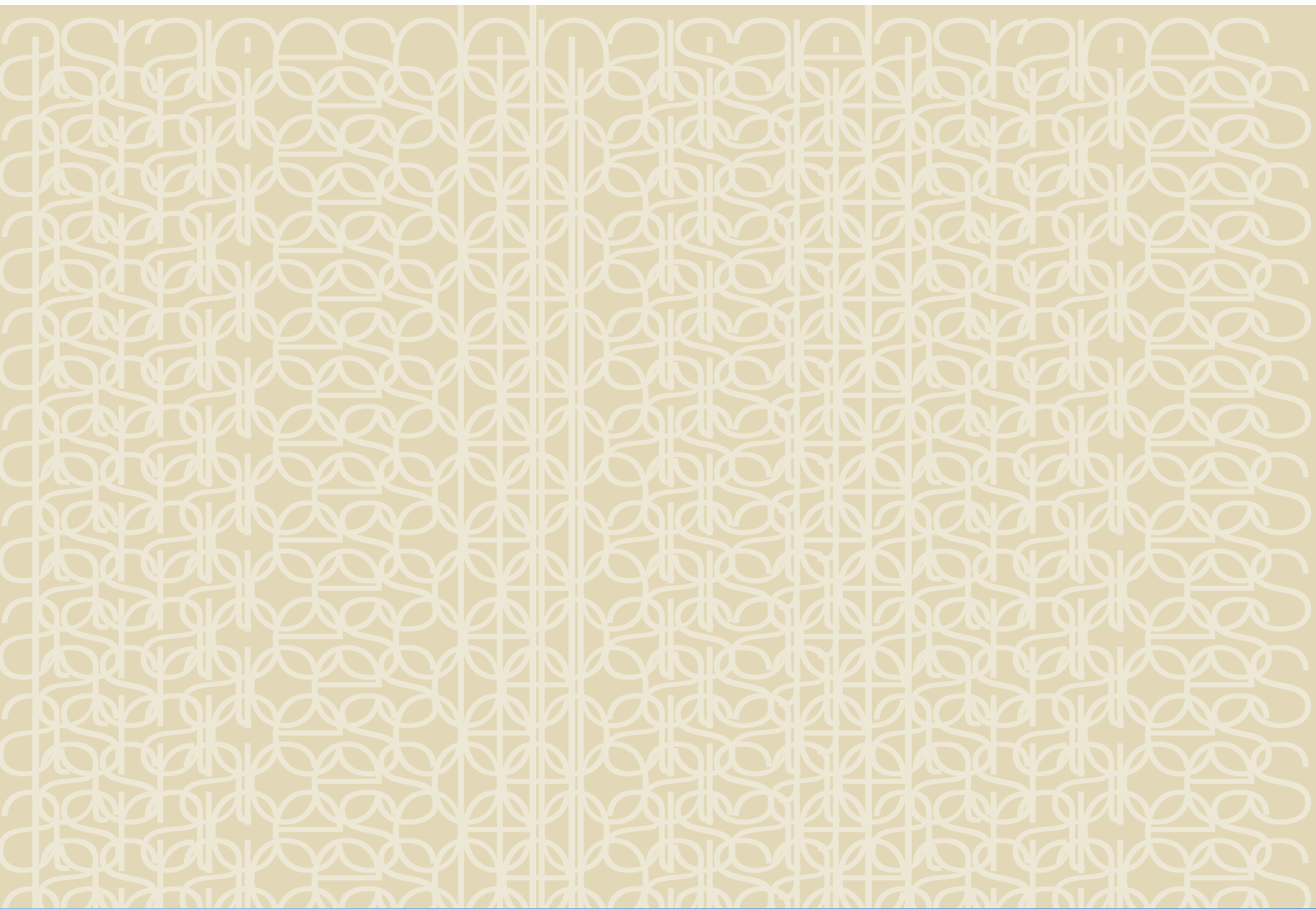
Condicionantes geológicos del territorio de Segovia

Andrés Díez Herrero

José Francisco Martín Duque



Junta de
Castilla y León



Las raíces del paisaje

Condicionantes geológicos del territorio de Segovia



ISBN: 84-9718-326-6

depósito legal: S. 1.752-2005

edición: Junta de Castilla y León

textos: Andrés Díez (Instituto Geológico y Minero de España IGME) y José Francisco Martín (Facultad de Ciencias Geológicas UCM)

dibujos: Jorge M. Soler

fotografías: Alberto Carrera y Justino Díez

diseño: Mariano Carabias

copyright de los autores

foto de portada: Valleruela de Pedraza. (A. Carrera)

equipo coordinador de la colección: José Antonio Abella, Blanca Salinas y Leopoldo Yoldi

imprime: Gráficas Varona, S.A.

COLECCIÓN



HOMBRE Y
NATURALEZA

Las raíces del paisaje

Condicionantes geológicos del territorio de Segovia

Andrés Díez Herrero

José Francisco Martín Duque

Dibujos

Jorge M. Soler Valencia

Fotografía

Alberto Carrera

Justino Díez

Diseño

Mariano Carabias



**Junta de
Castilla y León**

Ya desde hace algún tiempo, el concepto de calidad de vida no es separable de la noción de armonía con el medio ambiente. Es una manifestación de que, como no podía ser de otra manera, los principios del desarrollo sostenible se van imponiendo en nuestra sociedad. Sin embargo, el reto de la sostenibilidad es grande y atañe a una multitud de factores sociales, culturales, tecnológicos y económicos. Para abordarlo con garantías de éxito, se hace necesaria la transmisión de valores respetuosos y actitudes positivas hacia la Naturaleza, al lado de una información rigurosa y actual.

A nadie se le oculta que valores y actitudes no pueden imponerse de manera dogmática, sino que deben ser interiorizados por cada persona. En este proceso de aprendizaje, asimilación y cambio actitudinal, es fundamental disponer de materiales que ayuden a conocer la Naturaleza, puesto que sólo desde su estudio se puede entender la importancia de la conservación de los procesos naturales y sus equilibrios dinámicos.

Es en este contexto donde la labor que la colección de libros *Hombre y Naturaleza* viene realizando desde hace más de una década se hace digna de mención, por cuanto supone de difusión de las complejas relaciones existentes entre el medio natural y las actividades humanas. La Junta de Castilla y León apoyó desde el principio el nacimiento y continuidad de esta Colección, copatrocinando junto con otras instituciones y entidades los cuatro primeros números, y haciéndose cargo en exclusiva del patrocinio de los últimos tres volúmenes (incluido éste).

La edición de un libro de Naturaleza siempre es una grata noticia, y más cuando se centra en una faceta tradicionalmente marginada, o mejor dicho algo relegada respecto a otras, como es la geología y geomorfología y su papel en la configuración paisajística. Con el título "Las Raíces del Paisaje", y la acepción dual de la palabra raíz, se pretende precisamente dar a conocer el doble papel que la geología tiene en nuestros paisajes castellanos: de un lado su origen como resultado de una evolución temporal dilatada a lo largo de millones de años; y de otro lado como sustrato y soporte de los elementos bióticos de los ecosistemas y de las propias actividades humanas.

La preocupación de la geología por los aspectos didácticos constituye una verdadera aportación sobre el patrimonio histórico-natural de la provincia de Segovia, utilizable con fines educativos, culturales y turísticos.

En definitiva, esperamos que la publicación de esta obra contribuya al mejor conocimiento del origen de nuestros paisajes y ayude a su conservación, mejora y respeto por parte de las personas que los habitamos y visitamos.

Carlos Fernández Carriedo
Consejero de Medio Ambiente

Pocas veces un título condensa tan certeramente el contenido de una obra: *Las raíces del paisaje...* Raíces que nos transportan a lejanos orígenes, a la bruma de tiempos cuyas magnitudes resultan abrumadoras para la diminuta escala de la existencia humana. Y raíces que asimismo constituyen, como en los árboles, el sustento del paisaje, sustento entendido en su doble significado de alimento y de soporte. En efecto, cada elemento constitutivo del paisaje, desde el humilde musgo de las piedras hasta el águila imponente que anida en el roquedo, se asienta en una estructura geológica específica e imprescindible. A veces, como en las altas montañas o los descarnados cañones sañados por un río, es la propia geología quien se erige en protagonista del paisaje. En otras ocasiones, el sustrato geológico permanece oculto a los ojos, invisible como el limo bajo un tapiz de lirios... Conscientes de ello, los autores de este libro aportan una mirada nueva sobre nuestros paisajes, una mirada que desvela lo oculto y que penetra en las causas, no más conocidas con frecuencia, de lo evidente, o dicho con más precisión, de lo que parecía evidente pero sólo mostraba la superficie de una realidad más profunda y compleja.

Para el Equipo Coordinador de la Colección Hombre y Naturaleza, esa mirada de los autores era también una mirada necesaria. Y es que la Geología, en cuanto a divulgación científica se refiere, ha sido hasta ahora la *Cenicienta* de las Ciencias de la Naturaleza: sólo hay que comparar su escaso volumen de títulos con el ingente número de publicaciones dedicadas al estudio de la flora y de la fauna. De ahí nuestra gratitud a los autores de esta publicación, gestada lenta y concienzudamente a lo largo de muchos años. El lector comprobará que no han escatimado esfuerzos, tanto en un texto que concilia fluidez y rigor como en la recopilación y realización del excelente material gráfico que lo acompaña, facilitando la comprensión de aspectos muchas veces abstractos y que, además, ocurren en escalas temporales y espaciales a las que no estamos habituados. El resultado de tal esfuerzo tiene, por otra parte, un valor añadido, y es que la obra puede ser empleada por profesores, estudiantes y público en general como base para organizar itinerarios, combinando varios de los lugares que se describen e interpretan en los diferentes capítulos.

Finalmente, desde este Equipo Coordinador queremos agradecer la colaboración de la Junta de Castilla y León, sin cuyo patrocinio no hubiera sido posible esta edición. Creemos que toda comunidad es síntesis de su territorio y de sus gentes, existiendo entre ambos una recíproca relación de dependencia. A lo largo de la historia, en efecto, el tipo de terreno, junto al clima, ha determinado que este lugar pueda cultivarse, que en aquel otro se desarrollen pastizales o arboledas. Y ese aprovechamiento del territorio por parte de sus habitantes, en unión a los materiales constructivos aportados por *su geología*, ha condicionado también su paisaje. En sintonía con este pensamiento, desde la Junta de Castilla y León se ha comprendido que, aunque centrada en Segovia, el interés de esta obra trasciende las fronteras provinciales, e incluso autonómicas. Sus responsables han sabido ver que, una vez más, cada parte es reflejo del todo, que lo local no es sino la orilla más cercana de lo universal.

El Equipo Coordinador

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Mira a tu alrededor (prefacio) 15

ORIGEN Y EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DE SEGOVIA 18

Crónica remota 22

Por primera vez bajo el océano. Segovia en el Proterozoico 25

Grandes montañas como el Himalaya. Segovia en el Paleozoico 26

La provincia bajo mares tropicales. Segovia en el Mesozoico 32

Crónica 'reciente'. Segovia en el Cenozoico 38

El origen del paisaje que observamos. Surge la Sierra de Guadarrama 40

Los últimos retoques: ríos, glaciares y viento 49

UN MOSAICO DE TERRENOS Y PAISAJES 54

El marco general. Un lugar en el planeta 58

Desde el espacio 60

Nuestra identidad europea 62

Un pequeño continente 62

También aquí tenemos de casi todo 63

Las grandes regiones y comarcas naturales de Segovia 64

La Sierra 74

Las Llanuras 78

LUGARES PARA LA INTERPRETACIÓN DEL PAISAJE 80

Cumbres, parameras y divisorias de sierras 84

Mesetas más que Sierras: la superficie de los Pelados 86

Miradores naturales: cabezas, cerros, peñas y peñotas 90

Collados, puertos y pasos 93

Captura fluvial en Somosierra: el Duratón es el pirata 96

Laderas de sierras 100

¿Hubo glaciares en Segovia? Restos de la 'Edad de Hielo' en Navafría y Somosierra 102

Chorros, chorreras y chorrancas 108

Canchales y pedreras. Sierras de Quintanar y la Mujer Muerta 114

Marmitas, pilancones, pozas o bodones: Las Calderas 117

Mirador a un pasado remoto: Piedrasllanas 121

Sierras secundarias 126

Montes enigmáticos: oteros y calocos 128

Grado del Pico y Pico del Grado 131

Valles intramontanos 134

Valles que son fosas: Campo Azálvaro, El Espinar y La Salceda 136

El Cerro del Puerco, la Boca del Asno y la Cueva del Monje 142

Piedemontes 150

- El paisaje granítico del suroeste 152
- Las cosas al revés. Falla inversa de Zarzuela del Monte 172
- Los abanicos de la Mujer Muerta 176
- Un auténtico desfiladero: la Risca de Valdeprados 180
- The Gallegos Thrust* 184

Lastras y cuestras arenosas 186

- Grandes ríos que procedían de poniente: las arenas silíceas de Orejana 188
- Zonas costeras y mares tropicales en Hontoria 192
- Dinosaurios deambulando por Armuña 196
- Un entorno privilegiado: la ciudad de Segovia 198
- Caballos, uros, hienas y rinocerontes (de cómo era Tejadilla hace 80.000 años) 206
- Cueva de Enebralejos: los paisajes subterráneos de Segovia 208
- Las hundas de Arcones 215
- Lastras y cuestras 218
- Peñasrubias y Covatillas. Los cañones del Viejo y el Pirón 226

Serrezuelas 232

- Ríos anchos en la Serrezuela 234
- Arrecifes en Castrojimeno 236
- El Fraile y las Monjas del Valle de Tabladillo 238

Macizos 240

- Las Cabezas de Monterrubio 242
- Cerros mágicos: San Isidro, El Castillo y El Tormejón 245
- Rocas dobladas en Sepúlveda: Los Picozos 248
- El macizo de Zarzuela del Pinar 250

Cañones 252

- Así se formaron las Hoces del Duratón 254
- Peñas y cuestras en las Hoces del río Riaza 262

Campiñas 266

- Entre cárcavas y barrancas 268
- Otones y montones 272
- Paisajes rojos de la Raña del pie de Somosierra-Ayllón 276
- Torreones entre Francos y Estebanvela 280
- Discordancia de Santibáñez de Ayllón 284

Llanos 288

- Garcillán en un Llano, Rodrigo con una Laguna 290
- Charcas y lavajos en Labajos 293

Páramos 294

- Cuando Cuéllar era un lago pantanoso 296
- El manantial de El Salidero 300
- Jirafas en Los Valles de Fuentidueña y tortugas gigantes en Coca 302

Arenales 304

Lagunas salpicando un mar de pinares 306

Cotarros que son dunas bajo los pinos 312

Vegas 316

Escaleras a las campiñas: terrazas fluviales en Valverde del Majano 318

Cuando los ríos cambian su camino: meandros abandonados 321

Aterramiento de la ermita de Las Vegas 328

CONDICIONANTES GEOLÓGICOS DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y HUMANA EN SEGOVIA 330

Geoecología 334

Las raíces geológicas del paisaje vegetal: geobotánica 336

Gleras y canchales 343

Tollas, trampales y tremedales 345

Los prados de las vallas de piedra y fresno 346

Geomorfología y diversidad ecológica: hocinos y pequeños cañones del piedemonte 350

Paraíso perdido. El Cega atraviesa la Tierra de Pinares 351

La fauna y el terreno 354

Etnogeología 356

Condicionantes físicos de asentamientos humanos 358

El tipo de terreno y la arquitectura popular 362

Materiales geológicos de construcción tradicional en la provincia 364

El porqué de los pueblos rojos y los pueblos negros 365

Las rocas y el patrimonio monumental 370

El aprovechamiento de las rocas y los recursos minerales 382

Historia del aprovechamiento de los recursos minerales en Segovia 382

Minería romana del cerro de Los Almadenes 388

La explotación de pizarras en Bernardos 394

Las cabezas de San Rafael y la fiebre del wolfram 396

Eleuterio Poza Lobo, el último yesero 400

Camas para gatos en Bercimuel 402

Oficios y vocablos ligados al aprovechamiento de las rocas 403

La geología y la etnografía 410

Los nombres de los lugares: toponimia 410

Tradiciones y costumbres 413

Leyendas y cuentos infantiles 414

Milagros y apariciones 418

La geología de Segovia y la salud de los segovianos 422

Para saber más: de los pioneros a Internet 424

Referencias 434

Así se hizo 450

Agradecimientos 454

Índice de términos y localidades 458



MIRA A TU ALREDEDOR (PREFACIO)

“El único y verdadero viaje de descubrimiento consiste, no en buscar nuevos paisajes, sino en tener nuevos ojos”

Marcel Proust

La cita que acabas de leer constituye una idea esencial del libro que te presentamos. A todos nos gustan, o al menos eso decimos, esos maravillosos documentales de televisión sobre Naturaleza. También nos atraen las soberbias imágenes de diferentes parques nacionales mundiales, fotografías de lugares remotos, salvapantallas de ordenador, destinos de un viaje soñado... En cambio, nos pasa desapercibido que a muy pocos kilómetros de nuestra casa existen paisajes sobresalientes y lugares naturales de gran interés.

También existen en nuestra proximidad vestigios de historias fantásticas, generalmente desconocidas: playas de hace 480 millones de años en las proximidades del puerto de La Quesera; fondos de mares tropicales ocupando lugares sobre los que hoy se alzan Segovia, Sepúlveda o Pedraza; auténticos arrecifes de esos mares, sobre los que hoy se asienta Castrojimeno; dinosaurios deambulando por las actuales localidades de Madrona y Armuña; ecosistemas de sabana poblados por grandes mamíferos —similares a los africanos que todos tenemos en la mente— en los actuales Valles de Fuentidueña; caballos, hienas y rinocerontes habitando el Valle de Tejadilla hace tan sólo (sí, tan sólo) 80.000 años; o bien hielos glaciares y nieves perpetuas en las proximidades de Peñalara, Navafría y La Pinilla, también hace sólo unos pocos miles de años. Estamos convencidos de que estas historias son apasionantes cuando se conocen. Sin embargo, este conjunto de conocimientos está normalmente muy restringido a ámbitos científicos y profesionales. Dentro de estos ambientes, los geólogos nos comunicamos con nuestros colegas sin vacilación, utilizando para ello un lenguaje casi enigmático. Pero, a nuestro entender, lo que no hacemos bien es comunicar esos conocimientos al resto de la sociedad, para que ésta aprecie todos los valores contenidos en esa información. No quiere decir, desde luego, que tampoco lo vayamos a conseguir aquí, pero en todo caso lo vamos a intentar. Una limitación en este sentido procede de la falta de conocimientos generales sobre las Ciencias de la Tierra, y sobre sus principios básicos.

Con estas premisas, el libro tiene un doble objetivo: proporcionar material interpretativo sobre la geología y la geomorfología de la provincia de Segovia; y partiendo de esa información, tratar de explicar, en la medida de lo posible, algunas de sus pautas ecosistémicas, paisajísticas y etnográficas.

Con ese doble fin el libro se estructura en cuatro partes: la primera resume la

historia geológica de la Provincia; la segunda ubica Segovia en un contexto geológico 'global' y explica cómo la historia geológica y su situación han configurado un escenario territorial concreto, que sirve para el desarrollo de sus regiones y comarcas naturales; la tercera parte describe lugares y puntos de interés para la interpretación geo(morfo)lógica y del paisaje; y la cuarta trata de explicar los condicionantes geológicos de la actividad biológica y humana de este territorio.

Creemos que la información contenida en las partes primera y tercera tiene un interés cultural *per se*, constituido por el propio conocimiento de los procesos de la historia natural segoviana. Entendemos que este material puede ser utilizado en la didáctica de materias como Conocimiento del Medio y Ciencias de la Tierra, en la preparación de excursiones didácticas por nuestra provincia, o simplemente como información útil para aficionados a la Geología, al campo o al turismo natural. En estos casos apelamos a que las excursiones se lleven a cabo de manera responsable, prestando la debida atención a la seguridad (la visita a alguno de estos lugares puede conllevar riesgos, por la presencia de lugares resbaladizos o cortados rocosos, entre otros), y evitando impactos sobre el medio ambiente (como molestias a la fauna o abandono de residuos).

Respecto al contenido de estos dos bloques, el lector debe tener en cuenta que tanto los textos como el material gráfico dibujado son interpretaciones basadas en datos, es decir, hipótesis, pero en ningún caso constituyen hechos y verdades inamovibles. Este material intenta representar la mejor comprensión que tienen los autores en el momento de publicación de este libro sobre la historia geológica y los procesos formadores del relieve de la provincia de Segovia. Pero sin duda, alguna de estas interpretaciones no serán compartidas por otros autores, y a buen seguro muchas de ellas cambiarán a medida que existan nuevos datos disponibles.

Por lo que se refiere a la información contenida en las partes segunda y cuarta, estimamos que la geología y la geomorfología ayudan a comprender y a clasificar muchos ecosistemas y paisajes, al tiempo que contribuyen, con la ayuda de otras disciplinas (geografía, arqueología, historia...), a explicar la ocupación humana del territorio, y su desarrollo cultural y económico. Ello permite plantear hipótesis del porqué de determinados usos históricos del territorio, incluidos los asentamientos.

Esa relación del hombre con las características del terreno ha sido obligada durante muchos siglos. Sin embargo, los medios técnicos con los que hoy contamos permiten prescindir de esas servidumbres. Ya no estamos obligados a utilizar los materiales de construcción de nuestro entorno, y podemos trazar vías de comunicación con independencia de las condiciones orográficas. Sin embargo, desde nuestro punto de vista sería preciso recuperar la inapreciable información que está contenida en el conocimiento de lo que generaciones anteriores a la nuestra referían como 'el tipo de terreno'. Ese conocimiento podría constituir la base de campañas

educativas e informativas, las cuales servirían —seamos utópicos—, para detener la alarmante banalización de los nuevos paisajes que hoy construimos. Estamos convencidos de que un uso de los recursos naturales y del territorio basado en su conocimiento y entendimiento sería más rentable económicamente y nos reportaría mayores beneficios en términos de calidad de vida.

Las citas que encabezan muchos de los capítulos y epígrafes tienen por objetivo destacar contenidos que otros expresaron de forma magistral. Estas citas tienen un doble origen. Un gran número de ellas proceden de distintas descripciones realizadas sobre el territorio segoviano por eminentes naturalistas del siglo XIX y principios del XX (Prado, Jordana, Breñosa, Castellarnau, Fernández Navarro, Obermaier, Carandell, Hernández-Pacheco, incluso Humboldt). La abundancia de estas citas se debe en buena parte a nuestra proximidad a Madrid, y a la presencia entre los territorios segoviano y madrileño de la Sierra de Guadarrama, una de las montañas españolas con mayor valor cultural por citas históricas. Otro grupo de citas textuales recoge reflexiones muy diversas, casi filosóficas, sobre el ejercicio intelectual que supone la 'interpretación geológica', cuya principal dificultad estriba normalmente en transmitir el significado del tiempo geológico.

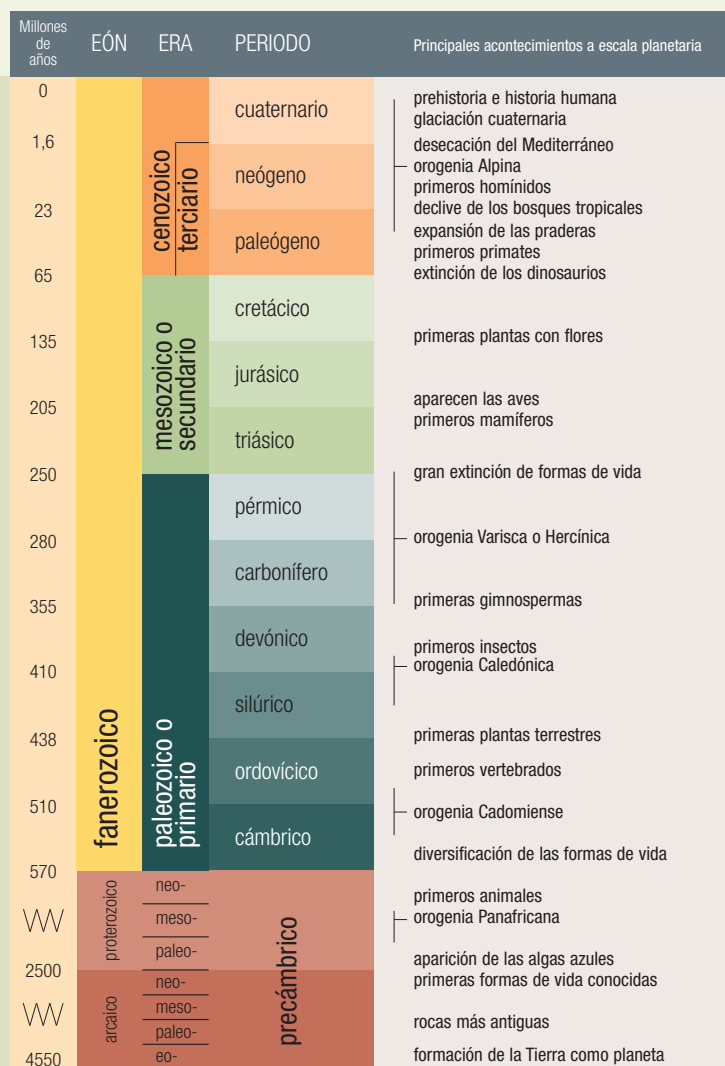
Agradeceremos mucho todo tipo de comentarios que el lector nos haga llegar sobre los contenidos del libro, con el objetivo de mejorar el material existente.



origen
y evolución
geológica
de Segovia



Figura 1. El tiempo geológico, periodo cronológico que abarca los últimos 4550 millones de años, ha sido subdividido en diferentes unidades, de manera análoga a como lo hace la Historia (edades, periodos, épocas, siglos...), o lo hacemos en la vida cotidiana (año, estación, mes, semana, día...). La unidad temporal más grande son los eones, que abarcan centenares de millones de años; los eones se subdividen en eras, que comprenden decenas de millones de años; y las eras se componen de periodos, cuyos límites se establecen en importantes acontecimientos a escala planetaria (extinciones, apariciones de formas de vida, cambios ambientales, variaciones en el nivel del mar...). Actualmente, desde el punto de vista geológico, nos encontramos en el eón Fanerozoico (que significa "fauna manifiesta"), era Cenozoica ("fauna nueva"), periodo Cuaternario ("cuarto periodo"), y subperiodo Holoceno ("todo nuevo").



“ No, la geología no se ocupa ya en idear vanos sistemas, ó en ordenar frases elocuentes para formar discursos sobre las revoluciones reales ó supuestas porque ha pasado la superficie de nuestro globo, sino que es una ciencia experimental en el fondo, destinada á rendir grandes beneficios á la actual sociedad, ansiosa de toda suerte de goces”

(Casiano de Prado, 1858, p. 411)

Desde nuestra adolescencia, cuando estudiábamos enseñanza secundaria, las asignaturas relacionadas con la Historia comenzaban sus temarios en los tiempos prehistóricos, hablándonos del origen de la especie humana y la vida en el Paleolítico. Sin embargo, desde hace siglos sabemos que antes de la aparición del hombre como especie, nuestro Planeta llevaba ya mucho tiempo girando alrededor del Sol. Buena prueba de ello son las rocas de la superficie terrestre y los restos fósiles que contienen, algunos asociados a formas de vida hoy en día extintas y que nunca fueron coetáneas de nuestra especie, como los dinosaurios.

La crónica de la Tierra como planeta se remonta mucho más atrás en el tiempo de lo que nuestra especie lleva habiéndolo. Cabe entonces hacerse dos preguntas: ¿cuál es la edad de la Tierra? y ¿cómo la conocemos?

En la década de 1950, un grupo de científicos norteamericanos, dirigidos por el Dr. Patterson, midieron la cantidad de átomos radiactivos de diversas rocas y concentrados minerales, obteniendo una edad inequívoca: 4.550 millones de años, con un margen de error de 70 millones de años arriba o abajo.

La provincia de Segovia, como parte del centro de la península Ibérica, no ha sido ajena a este largo deambular, aunque no conservemos signos (rocas, fósiles...) de los primeros 4.000 millones de años. Para reconstruir la crónica de estos últimos 600 millones de años nos basaremos precisamente en las pistas que los acontecimientos han dejado en las rocas, bien en forma de restos fósiles, o bien en la tipología de las mismas y su disposición geométrica (estructura).

crónica remota



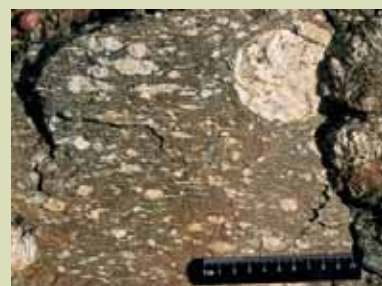
¿Qué es lo más antiguo de la provincia de Segovia? Acaso alguien podría pensar en alguno de nuestros monumentos más emblemáticos, como el Acueducto romano; o los petroglifos prehistóricos de Domingo García y las hachas paleolíticas de la Serrezuela o Roda de Eresma. No; estos restos de la actividad humana apenas alcanzan, en los casos más remotos, los centenares de miles de años de antigüedad. Sin embargo, lo más antiguo de Segovia, con notable diferencia, son sus rocas, que en ocasiones llegan a alcanzar los 600 millones de años de edad.

Para comenzar esta crónica, el primer paso es buscar la roca o rocas más antiguas de la provincia de Segovia, porque en ellas estarán contenidas las pistas que nos permitan reconstruir los acontecimientos más remotos.

Aunque parezca mentira, en el inicio del siglo XXI, aún tenemos dificultades para saber cuáles son las rocas más viejas de Segovia. Los métodos de datación basados en sus características radiactivas (método Rb-Sr) tienen notables limitaciones: ausencia de elementos datables, procesos posteriores que han borrado la huella original, elevados costes, etc.

A partir de las investigaciones más recientes sobre la disposición geométrica de las rocas (estructura) y la comparación con otras zonas de la península Ibérica, parece ser que las rocas más antiguas de Segovia podrían estar en uno de estos dos conjuntos: las pizarras, cuarcitas y esquistos del entorno de Hoyuelos-Ochando (cerca de Santa María la Real de Nieva); o bien los mármoles y gneises del área de Segovia-Revenga. Por correlación con un conjunto rocoso bien estudiado en las provincias de Salamanca y Zamora se ha atribuido a estas rocas edades de entre 650 y 550 millones de años, correspondientes al Neoproterozoico (antiguamente denominado 'Precámbrico') e inicios del Cámbrico (era Paleozoica o 'Primaria'). Así pues, en ese momento comenzará nuestra historia...

Figura 2. Detalle de las rocas que se supone son las más antiguas de Segovia (Fotos: A. Díez): A) mármoles en la cantera abandonada de Las Romeras (Nueva Segovia); B) gneises de Revenga (Segovia); C) esquistos del molino de Hoyuelos (Santa María la Real de Nieva).



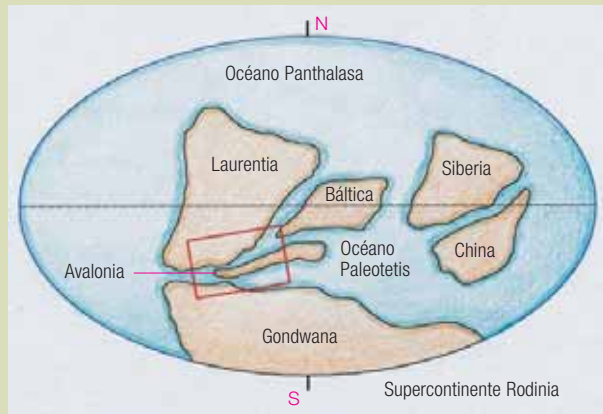


Figura 3. Mapamundi de hace unos 600 millones de años (Neoproterozoico). Un gran océano, denominado Panthalasa, ocupaba buena parte de la superficie del Planeta. Las zonas emergidas estaban integradas en media docena de grandes continentes (Laurentia, Gondwana, Báltica, Avalonia, Siberia y China), separados por pequeños océanos y mares, entre los que destaca el océano Paleotetis. Tan sólo unos centenares de millones de años antes, todos estos continentes formaron un único gran continente, denominado Rodinia (o Pangea I), que se fue desmembrando a lo largo del Neoproterozoico. El recuadro rojo comprende el detalle representado en la siguiente figura.

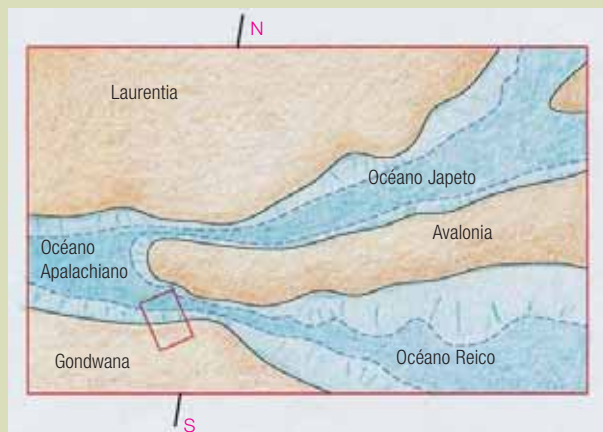


Figura 4. Mapa del entorno continental hace unos 600 millones de años (Neoproterozoico). Segovia se situaba en el borde meridional del océano Apalachiano-Reico, próxima a la costa de Gondwana (al sur, equivalente a la suma de los actuales continentes de Sudamérica + África + Arabia + India + Antártida + Australia), Laurentia (al noroeste, suma de Norteamérica + Groenlandia + Escocia + Irlanda), y Avalonia (al noreste, equivalente al este de los Estados Unidos y el suroeste peninsular). El recuadro rojo abarca la situación del bloque-diagrama de la siguiente figura.

POR PRIMERA VEZ BAJO EL OCÉANO. SEGOVIA EN EL PROTEROZOICO

El estudio detallado de las rocas más antiguas y sus estructuras permiten suponer que, hace unos 600 millones de años, la actual provincia de Segovia estaba cubierta por el mar, ya que formaba parte del borde meridional de un océano ubicado en el hemisferio Sur. Dicho océano, de morfología alargada y denominado por algunos autores Apalachiano-Paleotetis, separaba los continentes de Gondwana, Laurentia y Avalonia.

El lecho o sustrato de ese mar estaba constituido por granitos y rocas volcánicas, y sobre él, en el fondo del océano, se depositaban capas de arcillas con abundantes restos orgánicos (colores oscuros), limos y arenas ricas en cuarzo procedentes de los arrastres de ríos y glaciares que erosionaban los continentes circundantes (principalmente desde Gondwana). En los sitios de menor profundidad, próximos a la costa, en el lecho marino se acumulaban restos de organismos marinos (algas) que formaban barros calcáreos, e incluso pequeños arrecifes. Todos estos sedimentos darán lugar, cuando se compacten millones de años después, a las pizarras y cuarcitas de Santa María la Real de Nieva y Bernardos.

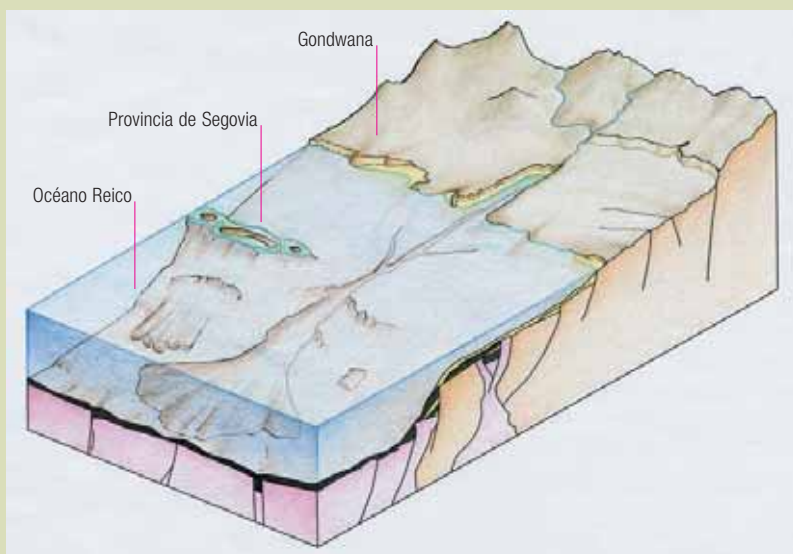


Figura 5. Hace unos 600 millones de años, la provincia de Segovia se situaría en el lecho del mar que ocupaba las proximidades de la costa del continente Gondwana, donde se depositaban arcillas oscuras alternando con arenas, y barros calcáreos formados por restos de organismos (algas). Localmente había pequeños arrecifes formados por unos animales parecidos a las esponjas de mar, hoy extintos, denominados arqueociatos.

GRANDES MONTAÑAS COMO EL HIMALAYA. SEGOVIA EN EL PALEOZOICO

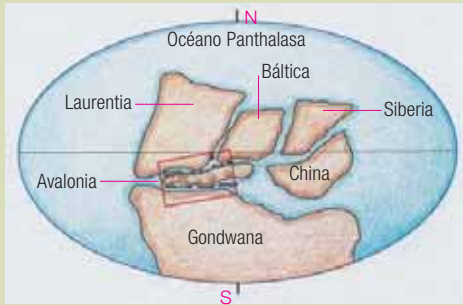


Figura 6. Mapamundi de hace unos 520 millones de años (Cámbrico). Los continentes comienzan a aproximarse de nuevo, cerrando los mares y océanos entre ellos y haciendo emerger nuevas cadenas de montañas volcánicas.

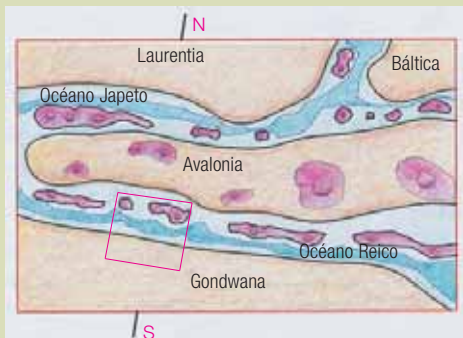


Figura 7. Mapa del entorno continental hace unos 520 millones de años (Cámbrico). Se produce el estrechamiento del océano Reico por el acercamiento de Gondwana y Avalonia, y surgen nuevas cadenas volcánicas, tanto en los océanos como en los continentes.

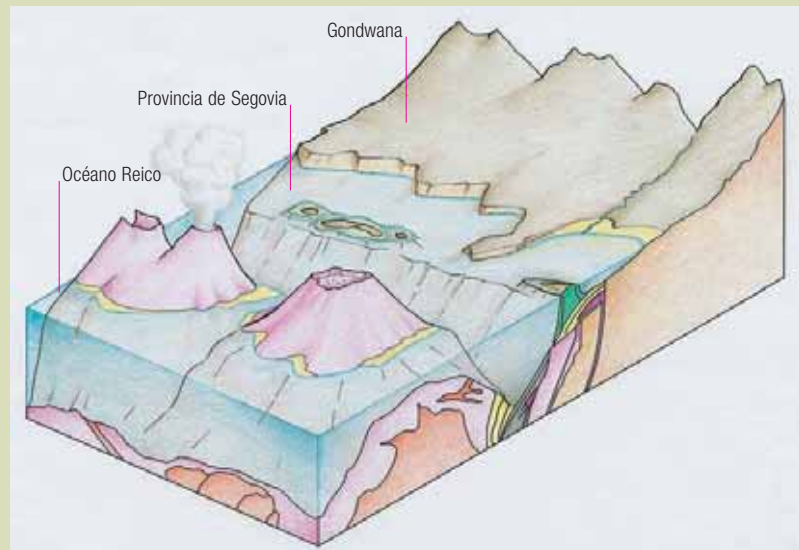


Figura 8. Hace unos 500 millones de años, la provincia de Segovia se situaba en el fondo del mar, con una cadena de volcanes próxima a la costa. Las rocas volcánicas y graníticas de esta cadena se entremezclaron con las arcillas oscuras y arenas del fondo del océano, y el levantamiento de las montañas produjo el plegamiento y la transformación de todas estas rocas.

Desde hace 570 a 510 millones de años (durante el periodo Cámbrico), continúa la sedimentación de arcillas, arenas y limos en el lecho marino, pero el movimiento de las placas tectónicas hace que los continentes comiencen a aproximarse, cerrando los océanos entre ellos.

Debido a las fuertes compresiones entre los continentes que se aproximan, desde el fondo del océano emerge una cadena de islas volcánicas (semejantes al actual Japón). Las rocas volcánicas y los granitos de las raíces de estas nuevas montañas (con edades entre 500 y 470 millones de años), sirven de base y se entremezclan con los sedimentos marinos coetáneos. Posteriormente, cuando sufran cambios por aumento de presión y temperatura, darán lugar a la mayor parte de los gneises y mármoles que hoy en día aparecen formando buena parte de la Sierra de Guadarrama (Mujer Muerta) y su piedemonte (Otero de Herreros).

Tras las convulsiones tectónicas (asociadas a lo que se ha denominado orogenia Cadomiense) que plegaron y transformaron los sedimentos marinos, la erosión arrasó estas montañas, rebajándolas nuevamente a zonas llanas sumergidas bajo el mar.

crónica remota

Entre hace 490 y 390 millones de años (desde el Ordovícico inferior al Devónico inferior), se produjo un periodo de relativa calma tectónica en las costas del antiguo océano Reico. Ello conllevó el que se produjera de nuevo la sedimentación (sobre las antiguas montañas arrasadas), y tanto en las zonas litorales (playas, deltas y llanuras de marea) como en lugares más profundos, de ingentes cantidades de gravas, arenas, limos y arcillas procedentes de arrastres desde el continente austral (Gondwana). La posterior compactación y transformación (metamorfismo) de las arenas y arcillas dará lugar a las conocidas 'cuarcitas armóricas' y las pizarras negras de la sierra de Ayllón, respectivamente.

Estos océanos fueron habitados por invertebrados marinos, como los graptolitos, braquiópodos, ostrácodos, equinodermos, conodontos, moluscos o artrópodos (trilobites), cuyos restos fósiles se encuentran en las pizarras y cuarcitas de las localidades segovianas de El Muyo, Becerril, Serracín... Se trata de comunidades faunísticas bentónicas (del lecho oceánico) con baja diversidad, representativas de aguas frías correspondientes a altas latitudes (cercanas a las zonas polares).

En las etapas finales de la sedimentación en estas zonas costeras, durante el Devónico inferior (desde hace 415 a 390 millones de años), también se produce el depósito de fangos calcáreos procedentes de los organismos que pueblan

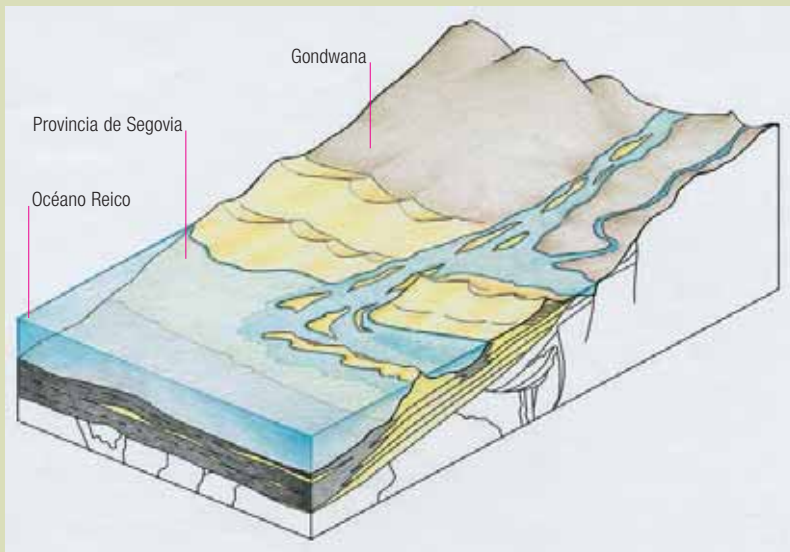


Figura 9. Hace unos 440 millones de años, la provincia de Segovia seguía situada en el fondo del mar, próxima a la costa. Los arrastres de los ríos procedentes de Gondwana se depositan en deltas, islas-barrera arenosas paralelas a la costa y extensas playas con cordones dunares. En las zonas alejadas de la costa, más profundas, tan sólo se sedimentan arcillas oscuras (por su alto contenido en restos orgánicos).

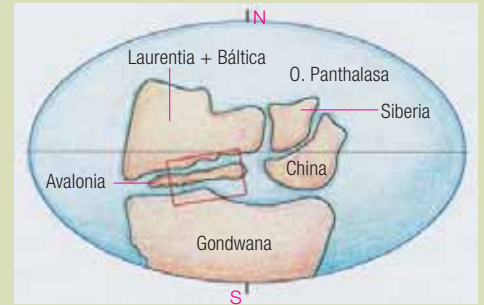


Figura 10. Mapamundi de hace unos 490 a 390 millones de años (Ordovícico-Devónico). Los continentes continúan próximos, hasta el punto que Laurentia y Báltica han colisionado, dando lugar a Laurrusia, generándose una nueva cadena de montañas (orogénica Caledónica).

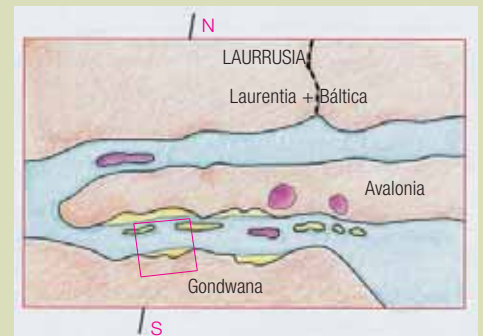


Figura 11. Mapa del entorno continental hace unos 490 a 390 millones de años (Ordovícico-Devónico). La erosión de los continentes circundantes y de las cadenas volcánicas cámbricas, da lugar a la sedimentación costera (formando cordones de islas litorales) y marina profunda.



Figura 12. Mapa del entorno continental hace unos 400 millones de años (Devónico). El continente de Avalonia choca con Báltica y posteriormente con Laurentia, integrándose en Laurrusia. Desde la costa norte de Gondwana se desgaja un nuevo continente, Armórica, en cuyo litoral septentrional queda encuadrada la provincia de Segovia.

estas márgenes oceánicas (moluscos, braquiópodos, equinodermos...) en periodos cálidos o cerca de las costas de menor latitud; rocas calcáreas formadas en esta época se encuentran actualmente en el cerro de La Matilla, entre Estebanvela y Santibáñez de Ayllón.

A partir del Devónico medio (hace unos 390-380 millones de años) se inicia de nuevo la aproximación de los continentes que bordean el océano, continuando el proceso de formación de cadenas de montañas (conocido en este caso como orogenia Hercínica o Varisca), e interrumpiéndose la sedimentación en los océanos. Este nuevo impulso orogénico concluirá con el choque definitivo entre las tres enormes masas continentales circundantes (Gondwana, Laurrusia y Armórica), con lo que los sedimentos y las rocas ígneas y sedimentarias de los fondos oceánicos situados entre dichos continentes se ven comprimidos, deformados, replegados y metamorizados (transformados por aumento de la presión y la temperatura): los granitos y rocas volcánicas se convierten en gneises glandulares (Sierra de Guadarrama); las arcillas en pizarras y esquistos (Santa María de Nieva y Sierra de Ayllón); las arenas en cuarcitas (Sierra de Ayllón); y las calizas en mármoles ('calizas cristalinas' de la Sierra de Guadarrama).

Todas estas rocas están afectadas por estructuras tectónicas superpuestas

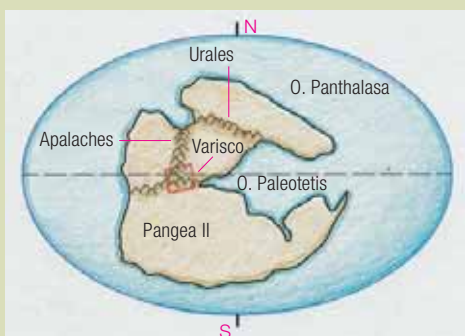


Figura 13. Mapamundi de hace unos 350 millones de años (Carbonífero). Los continentes han chocado entre sí (orogenia Hercínica o Varisca), generando nuevas cadenas montañosas (Urales, Apalaches, cinturón Varisco...), y dando lugar a un macrocontinente único (Pangea II). Rodeando este macrocontinente aparece el océano Panthalasa, que forma un amplio golfo denominado océano Paleotetis.

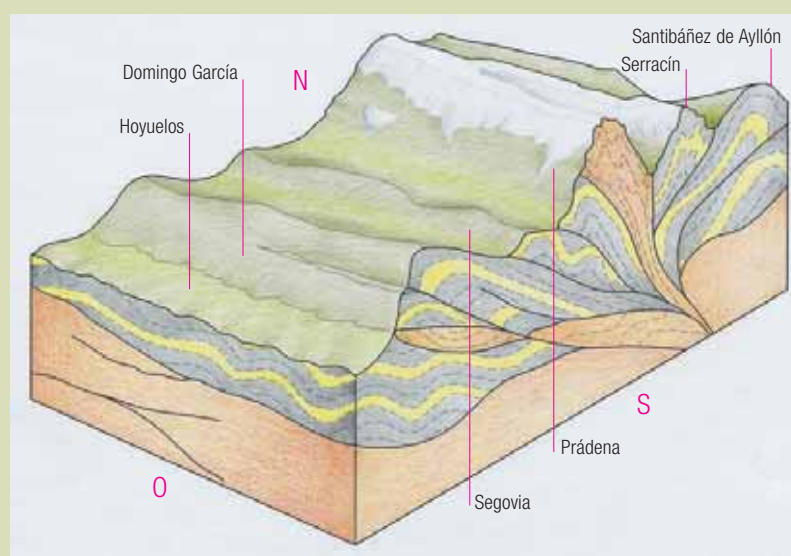


Figura 14. Hace unos 350 millones de años, la provincia de Segovia por fin emergió del fondo del mar, pasando a formar parte de una gran cadena de montañas constituida por el apilamiento de grandes pliegues y fallas (cabalgamientos) que afectaron a los sedimentos marinos y su sustrato.

crónica remota

fruto del enterramiento profundo y el engrosamiento de la corteza por apilamiento como consecuencia del choque continental; entre dichas estructuras abundan los pliegues de diversos tamaños y tipologías, así como los cabalgamientos y fallas. Múltiples ejemplos de estos pliegues y fallas pueden observarse hoy en día en algunas canteras de Vegas de Matute (Las Suertes), Segovia (Las Romeras) y Hontoria (Los Lanchares). Por fin, después de más de doscientos millones de años bajo el mar, se produce la emersión de gran parte de la provincia de Segovia, que queda englobada dentro de una gran cadena de montañas.

Al final de esta etapa de formación de montañas (hace unos 337-318 millones de años), y tras la fuerte compresión, se produce una relajación y adelgazamiento de la corteza, dando lugar a hundimientos de zonas de la cadena de montañas mediante unas fallas profundas denominadas 'cizallas dúctiles'.

En paralelo a la formación de las montañas, y sobre todo con posterioridad (unos 40-60 millones de años después del choque continental), durante el Carbonífero superior y el Pérmico inferior (entre hace 325 y 250 millones de años), la corteza continental bajo Segovia empieza a distenderse (expandirse) tras el fuerte engrosamiento sufrido por la colisión. Así se produce la fusión de las rocas en profundidad, generando magmas que ascienden, intruyendo en las raíces de la

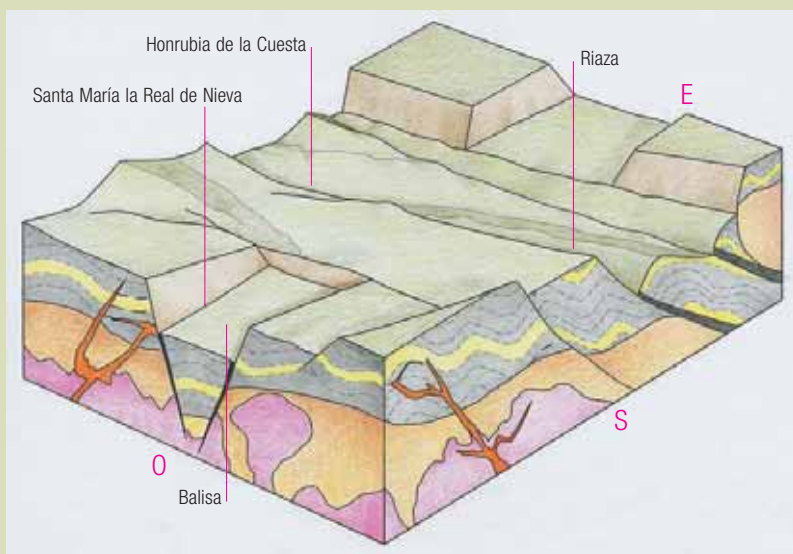


Figura 15. Hace unos 330 millones de años, la cadena de montañas sufrió una especie de colapso, con el hundimiento de algunos bloques a favor de grandes fallas (zonas de cizalla), entre las que destacan las de Riaza-Honrubia y la de Balisa-Santa María la Real de Nieva. Esta distensión favoreció la fusión de rocas en profundidad, dando lugar a los goterones de magma que al ascender y enfriarse formarían los plutones de granito, diques y filones.



Figura 16. Hace unos 350 millones de años, enormes fuerzas y elevadas temperaturas a varios kilómetros de profundidad bajo tierra, produjeron estos pliegues en las rocas metamórficas de silicatos cálcicos de la cantera Las Suertes (Vegas de Matute), formados durante la orogenia Hercínica o Varisca. (Foto: A. Díez)



Figura 17. Mapa del entorno continental hace unos 350 millones de años (Carbonífero). La colisión de Gondwana, Armórica y Laurrusia genera el cinturón montañoso Varisco, en el cual queda inmersa la futura península Ibérica, formando parte del arco de la colisión entre Armórica y Laurrusia. Próxima a la ubicación de Segovia también se sitúa la costa del océano Paleotetis, lo que tendrá notable repercusión en su evolución futura.

cadena de montañas. Estos magmas no llegaron a salir a superficie, sino que se enfriaron y consolidaron lentamente en profundidad, dando lugar a grandes bolsadas de rocas ígneas plutónicas (fundamentalmente distintos tipos de 'granitos'), a modo de goterones invertidos (plutones). Estos granitos se encuentran hoy en día en la superficie de la Sierra de Guadarrama (El Espinar, Otero, Ortigosa, La Granja...) y en los macizos satélites (Valseca-Bernuy, Balisa, Armuña, Zarzuela del Pinar...).

Las intrusiones más tardías correspondieron a diques de roca y filones de minerales (fundamentalmente de cuarzo), que hoy pueden reconocerse en lugares como los cerros de Rinconada (El Espinar), La Cuesta, Peñas Rubias (Balisa) y Las Cabezas (Monterrubio), respectivamente; a ellas se asocian buena parte de las mineralizaciones de la Sierra y su piedemonte, como las minas de El Espinar, Otero de Herreros, Arcones... Además se produjo una importante fracturación de las rocas, generándose fallas y diaclasas de muy diferente magnitud y dirección, en las etapas orogénicas Hercínicas tardías (por lo que se denominan tardihercínicas), que tuvieron lugar en el tránsito Carbonífero-Pérmico.

Hace 250 millones de años, al finalizar la era Paleozoica, la actual provincia de Segovia formaba parte de una importante cadena de montañas que, tanto por su longitud, que abarcaba desde los Apalaches hasta los Urales, como por su altura, y por su constitución geológica, es comparable con fines didácticos, a la del actual Himalaya.

UNA LARGA HISTORIA EN UNA PEQUEÑA PIEDRA

Esta piedra que aparece en la fotografía adjunta fue recogida en uno de los múltiples canchales y pedreras que se encuentran en las inmediaciones del pico de El Nevero (2.209 msnm), en Navafría, cerca del nacimiento del arroyo del Chorro.

A partir de su estudio detenido pueden deducirse los principales acontecimientos que afectaron al centro de la península Ibérica durante el Paleozoico (desde hace 570 hasta hace 250 millones de años), y su sucesión en el tiempo. Así pues, esta piedra es un perfecto resumen de más de 300 millones de años de nuestra crónica más remota.

En ella existen dos tipos de rocas distintas: gneises, rocas metamórficas de alto grado, que ocupan los laterales (más oscuros); y granitoides, rocas ígneas plutónicas, que ocupan la banda central (más claros).

Los primeros que se formaron fueron los gneises, la roca oscura de los laterales. En origen se trataba de antiguas arcillas depositadas en el fondo de un océano, lo cual puede deducirse a partir de los minerales que los forman (silicatos como cuarzo, feldespato y micas). Evidentemente, estas arcillas fueron posteriormente transformadas en rocas consolidadas (lutitas y pizarras) como resultado de su aplastamiento por otras suprayacentes, que se iban depositando sobre ellas. Cuando los dos continentes que bordeaban ese océano se aproximaron, las antiguas capas de arcilla fueron comprimidas y replegadas, como puede apreciarse en las sinuosidades (micropliegues) que presentan las bandas del gneis.

Una vez superado el período de tiempo en el que se produjo su compresión, empezó un espacio de tiempo con relajación de los esfuerzos sobre la roca, abriéndose grietas que enseguida fueron rellenas por fundidos de roca procedentes del interior de la Tierra. Así se formaron las bandas centrales de granitoides, más claras. El fundido de roca (parecido a la lava de los volcanes) relleno la grieta en sucesivas inyecciones, y su lento enfriamiento en el interior de la Tierra (a varios kilómetros de profundidad), permitió que los minerales que contenía

cristalizaran lentamente, formando los granitos. Como puede deducirse de la existencia de dos bandas de granitoides, de diferente tamaño de cristal, la apertura y relleno de la grieta se produjo, al menos, en dos etapas.

Estas grietas rellenas de roca granítica reciben el nombre de diques, y son muy frecuentes en la Sierra, tanto de dimensiones centimétricas (ver fotografía) como kilométricas. Los diques de la muestra de roca son posteriores a la formación del gneis y sus pliegues, ya que los cortan e interrumpen, como puede reconocerse si miramos la continuidad de los sinusoides a un lado y otro de la antigua grieta.

Tras millones de años de erosión debido a la lluvia, los ríos, el hielo y el viento, esta roca, que se formó a varios kilómetros de profundidad, apareció en la superficie terrestre, habiendo sido fragmentada y desplazada por la acción de las heladas serranas.

De esta manera que puede resultar tan 'imaginativa', pero que está basada en evidencias científicas, es como los geólogos reconstruyen los acontecimientos del pasado y su sucesión en el tiempo.

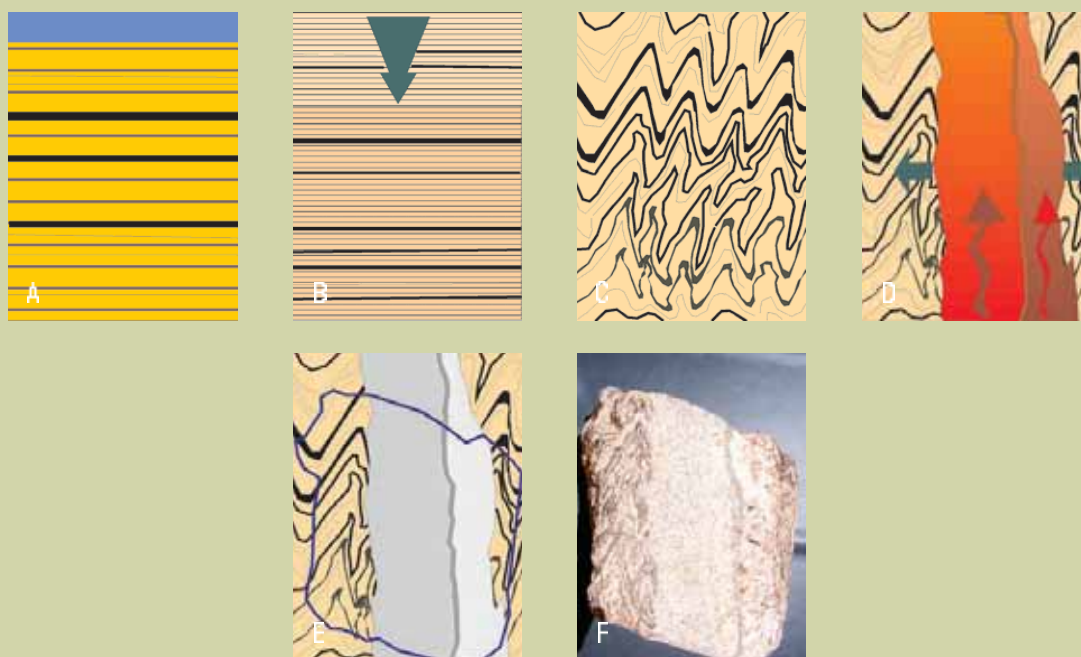


Figura 18. Los procesos que dieron lugar a una roca recogida en las inmediaciones del pico de El Nevero (Navafría), son un resumen perfecto de la crónica remota de Segovia: A) Hace unos 600 millones de años se depositaban en el fondo del mar capas horizontales de arenas silíceas y arcillas oscuras; B) El peso de las capas superiores fue aplastando y compactando las arenas y arcillas, dando lugar a areniscas y lutitas, respectivamente; C) Hace unos 350 millones de años, la compresión de la orogenia Hercínica o Varisca, replegó las bandas de roca; D) Hace unos 300 millones de años se formó una grieta por distensión, a favor de la que intruyeron magmas (rocas fundidas); E) El enfriamiento del magma dio lugar a sendos diques de granitos; F) La erosión de las rocas en la Sierra fragmentó la roca, aislando este trozo de piedra. (Foto: A. Díez)

LA PROVINCIA BAJO MARES TROPICALES. SEGOVIA EN EL MESOZOICO

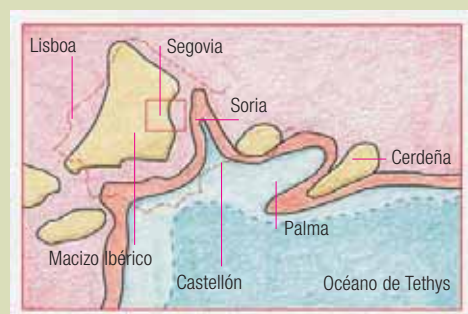


Figura 19. Mapa del entorno de la península Ibérica hace unos 240 millones de años (Pérmico-Triásico). Buena parte de Europa meridional y el norte de África estaban cubiertos por amplias planicies aluviales, donde ríos entrelazados depositaban arenas y arcillas rojizas. En la posición semejante al actual Mediterráneo se encontraba el océano de Tethys, cuyas costas penetraban en golfos hasta casi la ciudad de Soria. Segovia estaba a caballo entre zonas de la antigua cadena de montañas erosionada (Macizo Ibérico) y las planicies aluviales, que ocupaban únicamente el sector oriental de la Provincia.

En el tiempo que transcurrió desde el Carbonífero superior hasta el Triásico (unos 40 millones de años) en el sector oriental de la provincia, y hasta el Cretácico superior (unos 195 millones de años) en el sector occidental, la cadena de montañas que se había formado a finales de la era Paleozoica fue erosionándose. Bajo un clima subtropical a ecuatorial, los agentes atmosféricos actuaron sobre las rocas del orógeno hasta convertirlo en una auténtica planicie a cotas próximas a las del nivel de los mares y océanos.

Por el sector oriental (Ayllón-La Serrezuela) durante el Triásico discurrieron enormes ríos entrelazados, en ocasiones meandriformes que, siguiendo profundos valles, se dirigían hacia el este, donde desembocaban en el nuevo océano de Tethys (evolución del antiguo Paleotetis), en posición similar al actual Mediterráneo. En el lecho y las márgenes de estos ríos se depositaron importantes cantidades de arenas, gravas, limos y arcillas de colores rojizos por la presencia de óxidos de hierro en los suelos tropicales; son las piedras rodenas y molineras de Aldeanueva de la Serrezuela, Honrubia, Pradales...

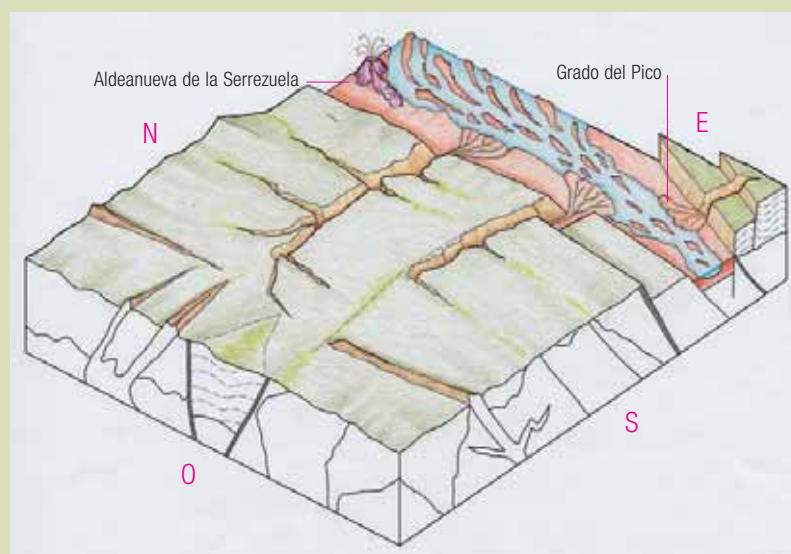


Figura 20. La provincia de Segovia hace unos 240 millones de años (Pérmico-Triásico) era una amplia planicie consecuencia del arrasamiento de la antigua cadena de montañas, en la que únicamente destacaban las llanuras aluviales del sector oriental, por las que fluían ríos entrelazados hacia el noreste, salpicados por algún pequeño volcán.

crónica remota

En la zona que actualmente ocupa la Cordillera Ibérica (provincias de La Rioja, Soria, Guadalajara, Cuenca y Teruel) se comenzó a formar una gran depresión a modo de surco (o *riff*), delimitado por grandes bloques que separaban fallas. Algunas de estas fracturas profundas facilitaron la intrusión de rocas volcánicas (ofitas), que quedaron intercaladas entre los depósitos fluviales triásicos; éstas pueden reconocerse en pequeños afloramientos de las inmediaciones de Aldeanueva de la Serrezuela, y constituyen las únicas rocas volcánicas de la Provincia.

El océano de Tethys sufrió a lo largo del Triásico superior y Jurásico inferior-medio (desde hace 210 hasta 170 millones de años) un importante aumento de nivel de las aguas, lo que hizo que fuera sumergiendo progresivamente sectores más occidentales de la península Ibérica; así llegó incluso a dejar sumergido el sector nororiental de la Provincia (Honrubia de la Cuesta-Torreadrada). Primero se implantaron los ambientes litorales, con llanuras de marea arcillosas; posteriormente el mar abierto, hace unos 190 millones de años. Se trataba de un mar somero y cálido situado en el borde de un continente, en cuyo lecho se depositaron fangos calcáreos y arcillosos, que más tarde formarían por compactación capas de calizas, dolomías y margas. En este ambiente habitaban infinidad de

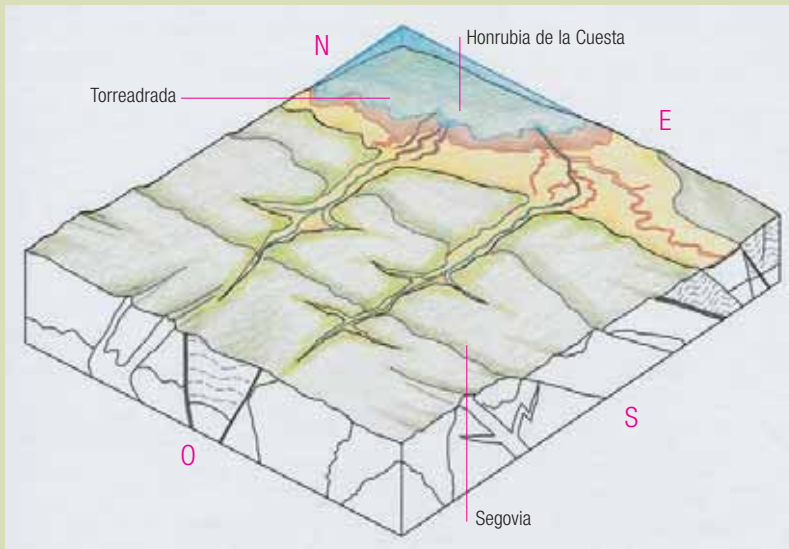


Figura 21. El ascenso del nivel del mar hace que el sector nororiental de la Provincia quede de nuevo sumergido bajo el mar durante el Jurásico (hace unos 190 millones de años), llegando la costa prácticamente hasta el meridiano de Sepúlveda.



Figura 22. Mapa del entorno de la península Ibérica hace unos 190 millones de años (Jurásico). El ascenso generalizado del nivel del mar hizo que quedasen sumergidos buena parte de los territorios del sur de Europa, haciendo que las zonas emergidas formasen un auténtico archipiélago de islas. Segovia estaba situada en la orilla oriental de una de estas islas, el Macizo Ibérico, quedando sumergido bajo el mar asociado al océano Tethys, tan sólo el levante provincial.

invertebrados marinos, como braquiópodos (rinchonélidos y terebratúlidos), bivalvos, gasterópodos, cefalópodos (ammonites y belemnites), equinodermos, foraminíferos... Restos fósiles de estos organismos se pueden encontrar hoy en día en las rocas calizas de los taludes de la A-1 a su paso por Honrubia de la Cuesta.

Durante el Jurásico superior y el Cretácico inferior (170-95 millones de años) el mar se retiró de nuevo, dando paso a ambientes emergidos que supusieron una nueva erosión de las rocas previamente formadas.

Hace 93 millones de años (Cretácico superior), nuevos ríos anchos y entrelazados discurren por la Provincia, procedentes del sector occidental de la Península (actuales provincias de Salamanca y Cáceres) y con desembocadura en el mar de Tethys, cuya costa se situaba entre las provincias de Teruel y Valencia. Depositaron en su lecho importantes cantidades de arenas silíceas (compuestas casi exclusivamente por cuarzo) y arcillas en sus márgenes; son las arenas que se explotan en las inmediaciones de Carabias. Infinidad de coníferas, cícadas y cícadales poblaban las márgenes de los ríos en un clima ecuatorial húmedo, que facilitó la formación de suelos con abundante caolín y costras de óxidos de hierro.

Un nuevo ascenso del nivel del mar (que supuso la unión del Atlántico Norte y el mar de Tethys) hace que la costa avance de nuevo desde el oriente hacia el

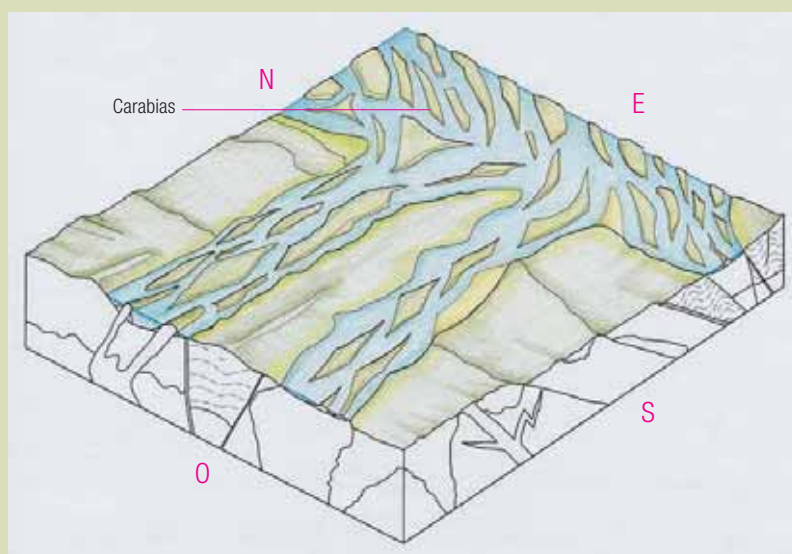


Figura 23. Hace unos 93 millones de años (Cenomaniense-Turonense, Cretácico superior), anchos ríos entrelazados con infinidad de islas y barras, surcaban la Provincia en dirección noreste, donde desembocaban al mar de Tethys.

crónica remota

occidente provincial. Inicialmente queda cubierta hasta el meridiano de Sepúlveda, dejando los ambientes fluviales arenosos en el sector occidental, para poco después sumergirla por completo. Primero se implantaron los medios costeros, donde desembocaban los ríos (en bahías y estuarios), fuertemente controlados por las mareas (zonas intermareales); en ellos, y sobre las arenas silíceas, se van a depositar arcillas, limos y fangos calcáreos, con restos de plantas halófitas (*Salicornia*).

El siguiente descenso del nivel del mar, durante el Turoniense-Coniaciense (hace unos 88 millones de años), supuso el retroceso de la línea de costa hacia el noreste, reimplantándose los ríos anchos y entrelazados, y produciéndose de nuevo el depósito de arenas silíceas, esta vez cubriendo buena parte de la provincia (Hontoria, Carbonero, Orejana, Pedraza, Prádena, Sepúlveda...). Son las denominadas 'arenas de Utrillas' o 'facies Utrillas', en alusión a esta localidad turolese, donde los bancos de arenas alcanzan grandes espesores, aunque su edad y características son ligeramente diferentes a las de las arenas silíceas segovianas.

Tras sucesivos pulsos de ascenso y descenso del nivel del mar, y con ello de avance y retroceso de la costa, hace unos 85 millones de años se produce

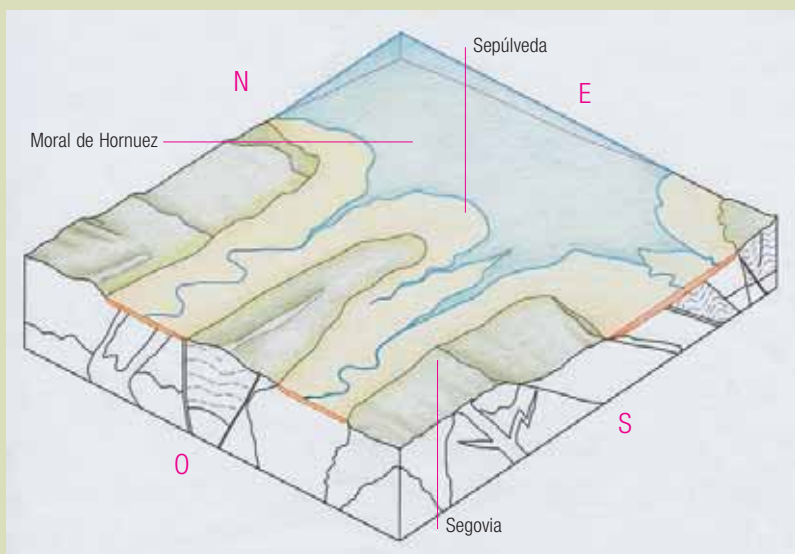


Figura 24. Hace unos 90 millones de años (Turoniense, Cretácico superior), un nuevo ascenso del mar dejó sumergido otra vez el sector nororiental de la Provincia, inundando una mayor superficie que el ascenso ocurrido en el Jurásico.

Figura 25. Hace unos 88 millones de años (Turoniense-Coniaciense, Cretácico superior), de nuevo baja el nivel del mar, y otra vez retrocede hacia el noreste la línea de costa, haciendo que los ríos entrelazados vuelvan a ocupar, esta vez, la totalidad de la Provincia. Escasas zonas quedan emergidas en islas y barras, ocupadas por suelos ferruginosos y zonas encharcadas.

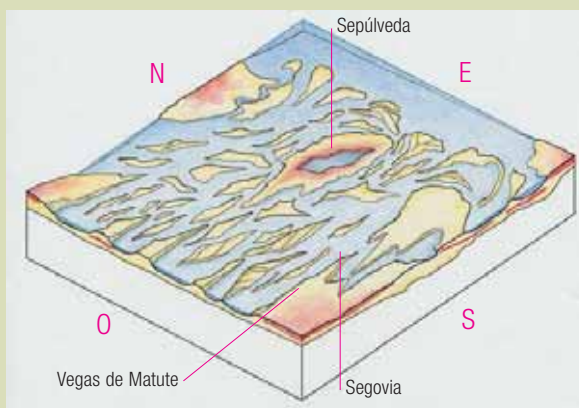
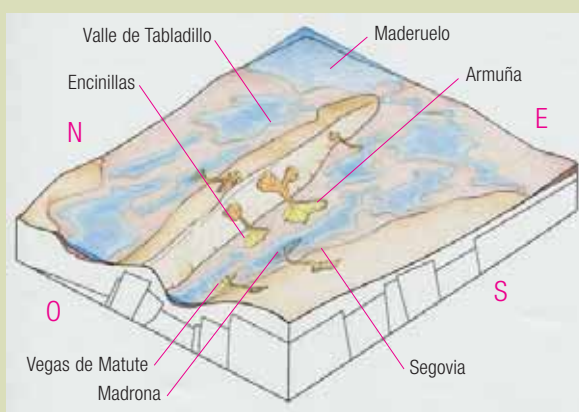


Figura 26. La provincia de Segovia quedó totalmente sumergida bajo el mar que conecta los océanos Atlántico y Tethys hace unos 85 millones de años (Coniaciense-Campaniense, Cretácico superior), desarrollándose incluso pequeñas líneas de arrecifes (Castrojimeno), que suponen una barrera a las tempestades y oleaje más intensos.



Figura 27. El descenso del nivel del mar hace unos 66 millones de años (Maastrichtiense, Cretácico superior) supone el desplazamiento de la línea de costa hacia el este, dejando la Provincia definitivamente emergida. Tras el mar, queda un rosario de lagunas costeras y la formación de pequeñas elevaciones desde las que ríos arrastran arenas y gravas hacia las zonas pantanosas.



crónica remota

la llegada definitiva de unos medios marinos bordeando los continentes, someros y cálidos (subtropicales), dominados por las corrientes y tormentas. La Provincia queda definitivamente sumergida y se puebla de invertebrados (esponjas, moluscos, celentéreos, gasterópodos, braquiópodos, equinodermos...) y vertebrados (peces, tiburones, dinosaurios...). Destacan por su abundancia los rudistas, un grupo de moluscos que llegaron a formar colonias arrecifales (Castrojimeno). Sus restos se depositan entre las arenas y fangos calcáreos que forman los excrementos, algas calcáreas y fragmentos microscópicos de caparazones. Cuando posteriormente se consoliden, darán lugar a las areniscas calcáreas y dolomíticas, calizas, dolomías y margas, tan abundantes en nuestra provincia (Segovia, Pedraza, Prádena, Sepúlveda...); con ellas se ha construido buena parte de las iglesias románicas, la catedral de Segovia, los palacios y los vallados de fincas.

Las etapas marinas finales son ambientes someros y áridos, en los que la fuerte evaporación facilita el depósito de sales (yeso de Valle de Tabladillo) en las lagunas costeras y zonas encharcadas intermareales (denominadas salobrales o *sebkhas*). Hace unos 66 millones de años el mar se retiró definitivamente, dejando un mosaico de islas, zonas pantanosas y lagos en los que desembocan ríos procedentes de la incipiente elevación que se estaba formando donde posteriormente se ubicará el Sistema Central. En estos ríos y los deltas de sus desembocaduras a los lagos, habitaron gran cantidad de vertebrados: dinosaurios, cocodrilos, quelonios, peces... Sus restos se encuentran ahora entre las arenas, arcillas y gravas que depositaron dichos ríos (Armuña, Segovia y Madrona).

Para saber más: Alonso (1981); Martínez García (2002); Villaseca (2003).

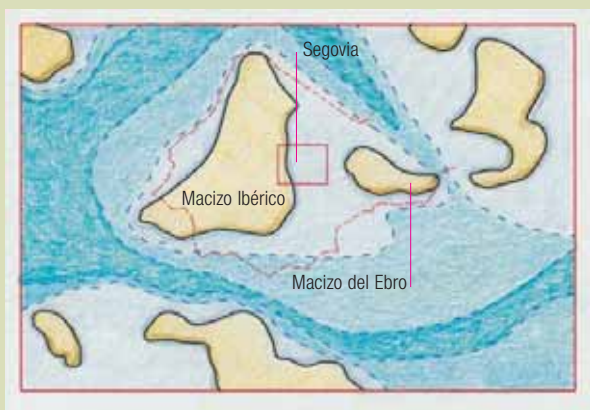


Figura 28. Tras sucesivos impulsos de ascenso y descenso del nivel del mar durante el Cretácico superior, finalmente hace unos 85 millones de años (Coniaciense-Santoniense) llegó a uno de sus máximos niveles, conectándose el incipiente Atlántico con el océano de Tethys, y dejando el suroeste de Europa como un rosario de islas. La mayor parte de las zonas sumergidas eran muy someras, salvo dos surcos profundos localizados en el golfo de Vizcaya-Pirineos y en el sureste de la península Ibérica (Béticas).

crónica reciente
Segovia en el Cenozoico



El Cenozoico es la era más moderna entre las divisiones de la Historia de la Tierra. Abarca los últimos 65 millones de años, y comprende las anteriormente denominadas eras 'Terciaria' y Cuaternaria. Hoy en día, el Cenozoico se subdivide en tres periodos: Paleógeno, Neógeno y Cuaternario. Para éste último periodo se ha mantenido la denominación antigua por tradición científica, y todo ello a pesar de que ya 'no existe' la era 'Terciaria'.

Como hemos visto a lo largo del primer capítulo (Crónica remota), por la provincia de Segovia se han sucedido ambientes, paisajes y climas de lo más diverso: océanos, cadenas montañosas, mares, ríos, climas subpolares, tropicales, ecuatoriales... Sin embargo, el único resto que conservamos de todos ellos son las rocas formadas en esas épocas, sus estructuras y restos fósiles. Nada nos queda en la actualidad de aquellos paisajes.

Durante el Cenozoico han tenido lugar la mayor parte de los acontecimientos geológicos con repercusión en los paisajes y procesos que vemos en la actualidad, ya que muchos de ellos están aún vigentes. Por ello, la crónica reciente de la historia geológica de Segovia es la narración del origen de la componente abiótica de los paisajes que hoy observamos.

EL ORIGEN DEL PAISAJE QUE OBSERVAMOS. SURGE LA SIERRA DE GUADARRAMA

La característica paisajística más relevante de la provincia de Segovia, tanto por su magnitud como por su importancia ecológica, es la alineación montañosa del Sistema Central español en su tramo segoviano: Sierra de Malagón, Sierra de Guadarrama (Quintanar, Calocos, Mujer Muerta, Montes Carpetanos, Atalaya...), Somosierra y Sierra de Ayllón; así como todas las alineaciones y elevaciones secundarias de los macizos de Santa María, Sepúlveda y la Serrezuela de Pradales.

Muchos de estos relieves, por su imponente volumen y aspecto desgastado, parece que siempre han estado ahí, perdiéndose su origen en la inmensidad de los tiempos. Sin embargo, hace 'tan sólo' 60 millones de años la Provincia era una inmensa planicie, por lo que la formación de la Sierra de Guadarrama se encuentra entre los eventos más recientes de este repaso que estamos realizando por los acontecimientos de los últimos 600 millones de años.

A lo largo de los últimos 70 millones de años se ha producido una lenta aproximación de las placas litosféricas Euroasiática y Africana, como consecuencia de la dinámica asociada a la Tectónica de Placas global. Entre ambas, la pequeña microplaca Ibérica va siendo progresivamente comprimida con dirección norte-sur o noroeste-suroeste. Como consecuencia de la compresión de los sedimentos que ocupaban el océano que separaba las placas Euroasiática e Ibérica se formarán los Pirineos; los sedimentos y lecho oceánico ubicados entre las placas Ibérica y Africana darán lugar a las cordilleras Béticas. Casi contemporáneamente se formaban otras muchas cadenas de montañas en el resto del planeta, como los Andes en Sudamérica, las Rocosas en Norteamérica, el Himalaya en Asia, o los Alpes en Centroeuropa; cadena esta última que da nombre a este evento orogénico, denominado orogenia Alpina.

Esas lentas y enormes fuerzas de compresión no sólo afectaron a los bordes de la microplaca Ibérica donde chocó con las grandes placas limítrofes, sino que se transmitieron al interior de ésta, generando un abombamiento y elevación del centro peninsular que dará lugar a la Meseta Ibérica.

Al abombarse la Península y elevarse la Meseta, las antiguas fallas y fracturas formadas en las rocas durante la anterior orogenia (Hercínica o Varisca), actúan como zonas débiles, ya rotas, a favor de las cuales se elevarán grandes bloques de roca (que antiguamente se denominaban *horsts*) y se hundirán otros (antiguamente llamados *grabens*). Las alineaciones de estos bloques elevados en el interior peninsular configuraron los sistemas montañosos de Sierra Morena, los Montes de Toledo, el Sistema Ibérico, la Cordillera Costero-catalana, los Montes

crónica reciente. Segovia en el Cenozoico

Galaico-portugueses, la Cordillera Cantábrica y, por supuesto, el Sistema Central.

Como parte integrante del Sistema Central, el origen de la Sierra de Guadarrama y del resto de los relieves montañosos que hoy en día observamos en la provincia de Segovia está pues en la desnivelación de bloques por la transmisión de esfuerzos desde los bordes de placa Ibérica hasta el interior peninsular, asociada a la orogenia Alpina (últimos 60 millones de años).

Así pues, hay que desterrar definitivamente todas las antiguas hipótesis (principalmente formuladas a finales del siglo XIX), en las que se suponía una Sierra de Guadarrama contemporánea a los mares mesozoicos, que formaban golfos y cabos en las laderas serranas; incluso se llegaba a denominar dichos accidentes costeros con nombres tan fantasiosos como “cabo de San Lorenzo”. Cuando la provincia de Segovia estuvo cubierta por mares y océanos (al menos por dos veces en su conjunto, como se ha descrito en el primer capítulo) aún no existía la Sierra de Guadarrama.

En detalle, el proceso de formación de la Sierra y el resto de las elevaciones montañosas segovianas fue más complejo, puesto que en el tiempo se sucedieron periodos de aceleración de la elevación y periodos donde predominaba la erosión de los relieves recién formados; igualmente, los bloques desnivelados constituyen un auténtico mosaico de zonas hundidas y elevadas a diferentes alturas.

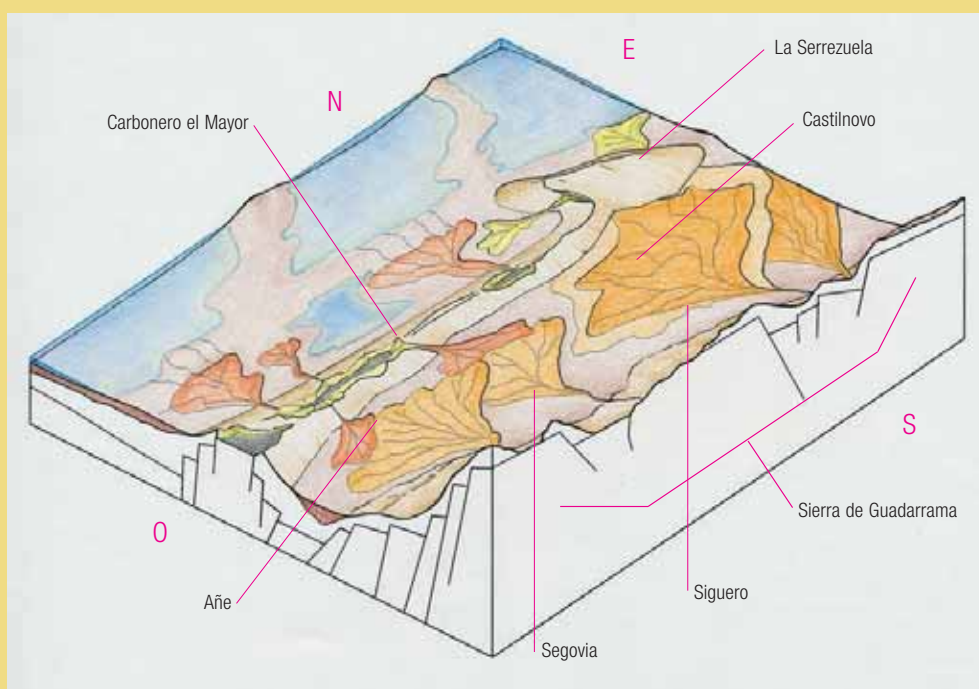
El conjunto de bloques que primero se elevó, y que mayores alturas alcanzó fue precisamente el que hoy en día constituye la Sierra. Pero aún dentro de este bloque elevado, las alturas alcanzadas fueron variables: máximas en el bloque o macizo de Peñalara; homogéneas en el resto de los Montes Carpetanos, Mujer Muerta, Quintanar, Somosierra...; y menores en las sierras de Malagón, Calocos, Atalaya y Ayllón. Además, dentro del principal bloque elevado se localizan bloques hundidos (o no tan elevados): Campo Azávaro (Alto Voltoya), fosa del Moros (San Rafael-El Espinar-Caserío de Prados), valle del Alto Eresma (Valsaín-La Granja), fosa del Sordillo (Collado Mediano), etc.

La segunda alineación de bloques elevados, próximos a la base del bloque principal, se sitúan subparalelos a éste a una distancia de unos 10-15 km hacia el noroeste. Forman parte de esta alineación los macizos de Las Cabezas (Monterrubio), La Risca (Valdeprados), y El Berrocal-San Medel (Valseca-Bernuy de Porreros).

Una tercera alineación de bloques elevados, subparalelos al bloque principal de la Sierra a una distancia de unos 30-35 km, es el conjunto de los denominados ‘macizos satélites’, que alcanzaron menor altura y cuya elevación fue ligeramente más tardía. Forman parte de estos macizos, las elevaciones de Santa María la Real de Nieva-Carbonero el Mayor, Zarzuela del Pinar-Lastras de Cuéllar, Sepúlveda y Serrezuela de Pradales.

Pero vayamos por partes, retomando la historia que habíamos dejado hace 65 millones de años. A lo largo del Paleógeno (entre hace 65 y 23 millones de años) empiezan por generarse abombamientos suaves alineados en dirección suroeste-noreste, principalmente en el sector meridional de la Provincia. En cuanto se producen estas elevaciones, los últimos sedimentos depositados, que estaban situados en la parte superior de la planicie, comenzaron a ser erosionados en las zonas altas y a ser depositados en la base de los abombamientos. De esta forma, las rocas sedimentarias cretácicas (calizas, dolomías, areniscas, arenas y arcillas) son erosionadas por el agua de lluvia en las áreas elevadas, transportadas por torrentes y ríos de elevada pendiente, y sedimentadas al pie de las zonas abombadas con forma de abanico aluvial. Éste es el origen de los conglomerados de cantos calcáreos y arenas que se encuentran hoy en día en diversas localidades del piedemonte serrano, como Vegas de Matute-Valdeprados, Madrona, Los Viveros en Segovia, Mata de Quintanar, Villovela... Algunos de los depósitos de abanicos alcanzan sectores más alejados de la zona elevada, observándose la disminución granulométrica con la distancia, característica de estos sedimentos; así se formaron algunas de las acumulaciones arenosas de las campiñas segovia-

Figura 29. Hace unos 40 millones de años (Paleógeno), la incipiente elevación de los relieves de la Sierra de Guadarrama y los macizos satélites hace que enseguida los torrentes comiencen a erosionar las zonas elevadas y a depositar ingentes cantidades de gravas, arenas y arcillas en las zonas más bajas. El depósito de estos materiales se produce en abanicos aluviales, planicies arenosas surcadas por infinidad de pequeños ríos que adoptan en planta el aspecto de un abanico abierto.



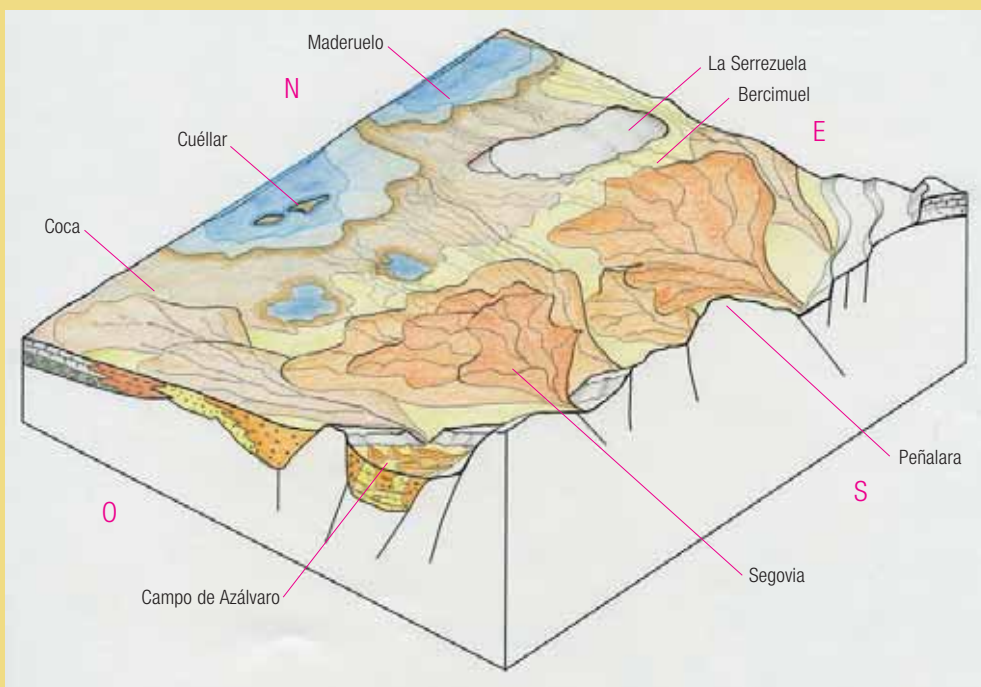
crónica reciente. Segovia en el Cenozoico

nas más bajas (Valdeprados, Tabanera la Luenga, Castilnovo...). En las zonas menos activas de los abanicos, donde la actividad torrencial era esporádica, el clima subtropical facilitó la alteración de las rocas y el desarrollo de suelos con arcillas y yesos (ermita de la Virgen de Varga, en Siguero).

Sin embargo, la máxima actividad de la orogenia Alpina en la zona se produce en el Neógeno, y más en concreto en el Mioceno (desde hace 23 a hace 5 millones de años). Es durante este subperiodo cuando se generaliza la elevación de los abombamientos, tanto el principal como los secundarios, y por consiguiente una respuesta generalizada de erosión de las zonas montañosas y relleno de las zonas más deprimidas. Los sistemas de transporte y sedimentación (torrentes y abanicos aluviales) son semejantes a los del Paleógeno, eso sí, con un mayor desarrollo espacial, ya que cubren la totalidad de la Provincia.

Cerca de los abombamientos principales (Sierra, Serrezuela y macizos satélites) los torrentes transportaron y depositaron materiales gruesos (bloques, cantos y gravas) procedentes de las rocas ígneas y metamórficas de la Sierra, una vez desmanteladas durante el Paleógeno las coberturas sedimentarias mesozoicas. Éste es el origen de los conglomerados de bloques graníticos que se

Figura 30. A lo largo del Mioceno (Neógeno), entre hace 23 y 5 millones de años, se aceleró la elevación de la Sierra de Guadarrama, con lo que los torrentes aumentaron la erosión de los relieves recién formados, depositando los materiales erosionados en abanicos aluviales que abarcaban toda la Provincia. Únicamente emergían sobre este manto de gravas, arenas y arcillas, la propia Sierra y la Serrezuela de Pradales. Los abanicos y sus canales desembocaban en zonas pantanosas y lacustres que ocupaban el norte provincial.



encuentran en: los taludes de la A-1 a su paso por Cerezo de Abajo, las proximidades del barrio de Nueva Segovia, etc.

Un poco más lejos de las elevaciones, los torrentes perdieron capacidad de transportar materiales, y sólo llegan a depositarse arenas en el lecho y márgenes de ríos de canales entrelazados. Estas arenas son el sustrato de buena parte de las campiñas altas segovianas (Valverde del Majano, Los Huertos...); sólo en los lugares por donde circularon los antiguos canales de los ríos se encuentran niveles con gravas y cantos.

Aún más lejos de las elevaciones, los ríos sólo fueron capaces de arrastrar arcillas en suspensión, que depositaron allí donde la corriente perdía fuerza y se produjo la decantación en zonas encharcadas y palustres. Éste es el origen de las arcillas del sector central de la Provincia, y que han sido explotadas tradicionalmente para la fabricación de adobes y ladrillos (Nava de la Asunción, Campo de San Pedro, Coca...). En las márgenes de los ríos y zonas encharcadas vivían abundantes vertebrados terrestres, entre los que destacan los quelonios (tortugas), cuyos restos se han encontrado con frecuencia en las localidades de Coca y Villeguillo.

Finalmente, los ríos desembocaban en zonas pantanosas, con pequeños charcos y lagunas, donde depositaban las últimas partículas de arcilla. Estas zonas, sometidas a un clima semiárido de estaciones alternantes, tenían periodos de altas temperaturas, en los que el agua se evaporaba, precipitando en el lecho mantos de sales (fundamentalmente yeso); son las arcillas y yesos que aparecen en diversas localidades de la parte septentrional de la Provincia (Frumales, Cuéllar, Hontalbilla...). Además, las zonas lacustres y palustres tenían amplia presencia de organismos, fundamentalmente caráceas, ostrácodos y gasterópodos; los restos de su actividad vital (caparazones, excrementos...) formaron importantes acumulaciones de fangos calcáreos, que por compactación darán lugar a rocas calizas y margas; son las rocas que hoy constituyen la culminación de los páramos de Cuéllar, Fuentidueña o Sacramenia. También había importantes comunidades de peces, anfibios, reptiles escamosos, quelonios, micromamíferos (roedores y lagomorfos), carnívoros, artiodáctilos (cérvidos, suidos...), perisodáctilos (équidos, rinocerótidos...), proboscídeos... cuyos restos han aparecido en los yacimientos de Los Valles de Fuentidueña, Maderuelo y Montejo de la Vega de la Serrezuela.

Este esquema simple de la distribución de los sedimentos en la Provincia, disminuyendo la granulometría y variando la composición desde la Sierra hacia el noroeste, se ve complicado y alterado por la presencia de las diferentes elevaciones de los macizos satélites, y por el desfase temporal entre los momentos de máxima elevación y erosión de los mismos.

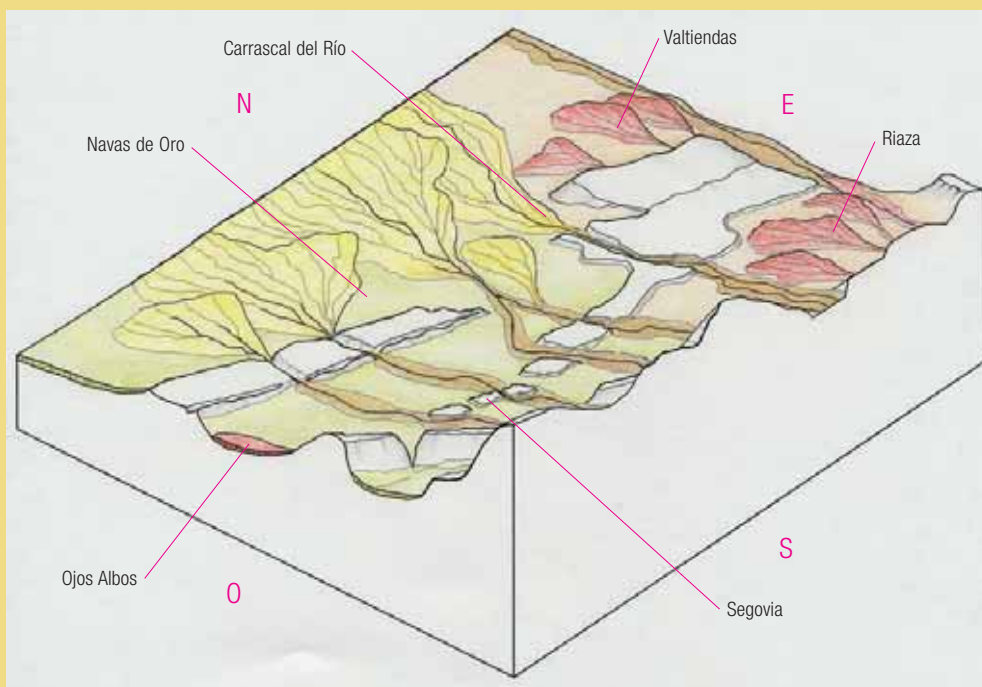
Durante el último subperiodo del Neógeno, el Plioceno (desde hace 5 a 1,8

crónica reciente. Segovia en el Cenozoico

millones de años), la elevación de la Sierra y los macizos se atenúa, por lo que la respuesta sedimentaria también es más limitada, quedando restringida a amplios mantos arenosos cuando las áreas fuente son graníticas (base de la Tierra de Pinares), o pequeños abanicos de conglomerados (rañas) al pie de los relieves cuarcítico-pizarrosos (Riaza, Valtiendas...). Paralelamente, en el piedemonte de la Sierra se producía un proceso de arrasamiento erosivo bajo un clima de tipo sabana, con dos estaciones alternantes que, según algunas hipótesis, formó la planicie rocosa que hoy se observa entre la Sierra y las campiñas, como ocurre entre La Granja y la ciudad de Segovia.

A partir de este momento, hace unos 2 millones de años, se invierte la tendencia vigente hasta ese momento de relleno de las cubetas entre los abombamientos, y comienza el encajamiento de los ríos en los depósitos previos. Así se empiezan a formar los valles (gargantas, cañones, barrancos, torrenteras...), ocupando posiciones semejantes a los antiguos torrentes que abastecían a los abanicos aluviales miocenos. Este hecho será trascendente en la configuración actual del paisaje de la Provincia, ya que aquí se inició la formación, que aún continúa, de buena parte de los relieves de las laderas de la Sierra y los llanos.

Figura 31. Hace unos dos millones de años, durante el tránsito entre el Neógeno y el Cuaternario, la sedimentación de los ríos y torrentes procedentes de la Sierra quedó restringida a los arenales de la Tierra de Pinares y a los abanicos de piedemonte Riaza, Valtiendas y Ojos Albos (rañas).



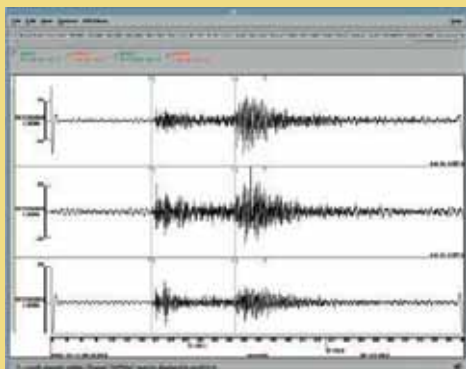


Figura 32. Sismogramas correspondientes al último terremoto con epicentro en la provincia de Segovia (suroeste de Ceguilla, Aldealengua de Pedraza). Amablemente cedido por el Instituto Geográfico Nacional.

Terremotos en Segovia

La orogenia Alpina, responsable de la formación de la Sierra de Guadarrama y de muchos de los relieves de la Provincia, no es un proceso concluido, sino que en la actualidad pueden sentirse sus efectos en diversas zonas del Planeta, e incluso en Segovia, eso sí, atenuados. 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 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. 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 encuentran: En Nava de la Asunción la laguna elevó sus aguas "sobre dos varas en alto".

crónica reciente. Segovia en el Cenozoico

En Fuentesoto “una fuente muy perenne, y de mucho caudal, cesó de manar por un minuto, y pasado, continuó como antes, saliendo el agua negra”.

En Segovia “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...”.

En La Granja “...en el Real Sitio de San Ildefonso he oído decir a varias personas que alguna estaba cerca de la fuente de la Fama, reparo que el agua que estaba en su estanque, o recipiente, hizo primero algún movimiento de ondulación y después como impulso hacia arriba...”.

En Sepúlveda “...y que algunas fuentes se enturbiaron, de modo que han estado bastante tiempo echando de sí sus aguas lodo mixto de varios colores...”.

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. 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”.

Los terremotos con epicentro en la provincia de Segovia que constan en el Banco de Datos Sísmicos (entre 880 A.C. y el 12-10-2003) gestionado por el Instituto Geográfico Nacional (Servicio Nacional de Sismología), son los recogidos en la Tabla de la página 48.

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). El inicio del desencadenamiento de los pequeños terremotos desde 1999 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.

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).

A falta de terremotos sísmicos, y como curiosidad, en la terminología popular segoviana se denomina ‘terremoto’ a un montón muy grande de tierra movida, bien mediante máquinas o valiéndose de herramientas manuales; se utiliza en frases del tipo “*Al hacer la carretera prepararon cerca de su finca un terremoto tremendo*” (Calleja, 1996).

Para saber más:

Calleja (1996); Martínez Solares (2001).

EVENTO IGN	FECHA (D/M/A)	HORA (GMT)	LATITUD (GR-MIN)	LONGITUD (GR-MIN)	ZONA EPICENTRAL	MAGNITUD (Mb)	INTENS. (M.S.K.)	PROF. (km)
	18/04/1999	19:58:42.6	40-51.5 N	03-58.5 O	Sur de La Granja de San Ildefonso	2.1		11
	13/10/2000	14:25:26.3	41-05.2 N	03-49.3 O	Norte de Navafría	2.4		0
	23/12/2000	02:58:28.4	41-01.4 N	03-46.7 O	Sureste de Navafría	2.2		1
425974	11/10/2003	08:16:21.6	41-02.1 N	03-47.4 O	SO de Ceguilla (Aldealengua de Pedraza)	1.8	II	13

crónica reciente. Segovia en el Cenozoico

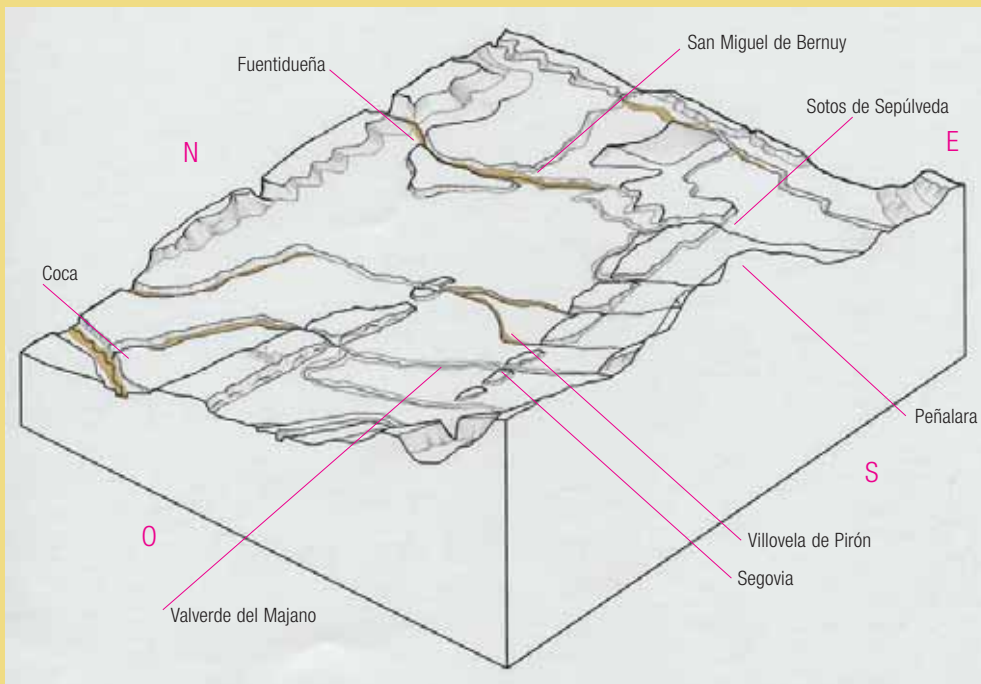
LOS ÚLTIMOS RETOQUES: RÍOS, GLACIARES Y VIENTO

Los ríos y torrentes que, procedentes de la Sierra, se dirigen hacia el NNO, al encajarse y ensanchar sus valles van depositando en replanos escalonados los materiales que arrastran: son los sistemas de terrazas de las vegas fluviales, que se formarán desde inicios del Cuaternario (hace unos 2 millones de años) hasta la actualidad.

Pero no siempre los ríos de Segovia han tenido idéntico trazado al actual. Los últimos reajustes de basculamientos y elevaciones de la orogenia Alpina produjeron tendencias de desplazamiento del patrón de la red fluvial, que llegaron a generar fenómenos de captura entre ríos, como el producido entre en el sistema Eresma-Moros-Zorita, o en la confluencia Eresma-Voltoya.

Durante el proceso de encajamiento de los ríos en los macizos satélites y en el piedemonte que aún conservan materiales calcáreos, dismantelaron y dejaron al descubierto los restos de una red cárstica de cavidades, donde habitan animales a lo largo del Cuaternario. Sus restos se entremezclan con los rellenos detríticos y los precipitados carbonáticos (estalactitas, estalagmitas, coladas...) de las cavidades, como ocurre en las cuevas de Tejadilla, Villacastín, Pedraza, Pinarillo, Prádena...

Figura 33. El último millón y medio de años (Pleistoceno-Holoceno, Cuaternario) ha estado caracterizado por la erosión de los torrentes en la Sierra y el depósito de gravas, arenas y arcillas en las vegas de los principales ríos, formando los sistemas de terrazas.



Estos últimos retoques del relieve coinciden con el hecho de que a lo largo del Cuaternario se han sucedido en el centro peninsular diversas etapas en las que el clima ha ido alternando entre periodos más fríos (glaciares) y ligeramente más templados (interglaciares). Durante las últimas etapas frías (denominadas *Riss* y *Würm* en terminología alpina), las cumbres y laderas de la Sierra estuvieron cubiertas por extensos mantos nivales, que permanecían de un invierno a otro, facilitando su transformación en hielo glaciar. Así, se tiene constancia de la existencia de diversos glaciares de circo (o pirenaicos) en las partes culminantes de la Sierra de Guadarrama (Peñalara, Mingüete, Romalo Pelao, El Chorro...) y Somosierra-Ayllón (El Lobo, Cebollera...). Los restos de las paredes de los circos y las acumulaciones morrénicas aún se pueden reconocer con relativa facilidad en los paisajes serranos.

También la acción del viento produjo unos últimos retoques en el relieve provincial, al removilizar los mantos arenosos que los ríos pliocenos y pleistocenos habían depositado en la comarca de la Tierra de Pinares. Al menos desde el último tardiglacial (entre hace 13.000 y 9.000 años) y con toda probabilidad desde el Pleistoceno medio (hace unos 500.000 años), las arenas de los interfluvios entre los ríos Voltoya y Duratón fueron modeladas en campos de dunas por vientos procedentes fundamentalmente desde el oeste.

Durante el Holoceno (últimos 10.000 años) la sedimentación y actividad geológica se ha centrado fundamentalmente en los cauces de los principales ríos y sus márgenes, durante los eventos de crecida e inundación. En menor medida que durante el Pleistoceno, en los interfluvios de la Tierra de Pinares continúa la removilización eólica de los depósitos arenosos.

Con estos acontecimientos 'recientes' acaba este largo deambular del territorio que actualmente ocupa nuestra provincia, cuyos paisajes han cambiado significativamente en los últimos 600 millones de años, dejando todos los ambientes una impronta en el relieve y rocas actuales.

Para saber más: Checa *et al.* (1995); Fernández (1987); Fernández (1988); Fernández y Garzón (1994); Pérez González (1979).

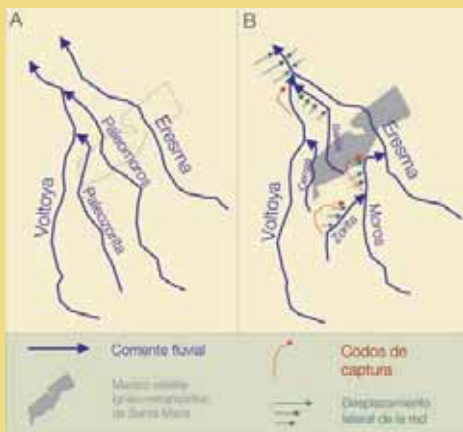


Figura 34. Esquema en planta (mapa) de los cambios de trazado producidos durante el último millón de años en el sistema Eresma-Moros-Zorita. A) Originalmente, los ríos Voltoya, antiguo Moros (Paleomoros) y Eresma discurrían de forma paralela hacia el noroeste, en busca del río Duero; el antiguo Zorita (Paleozorita) desembocaba al Voltoya. B) El lento basculamiento tectónico del sector meridional de la Provincia hacia el noreste, unido a la tenue elevación del Macizo de Santa María, hizo que el río Eresma comenzase a formar su garganta en Bernardos; y que se produjera la captura de los ríos menos caudalosos (Paleomoros y Paleozorita) que, incapaces de formar valles profundos, giraron bruscamente hacia el noreste, pasando a ser afluentes del río situado inmediatamente a su derecha. Así, el río Moros, dibujando una brusca curva en su trazado entre Añe y Tabladillo, pasó a ser un tributario del Eresma, al que desemboca en Yanguas. Y el Zorita, girando repentinamente en Bercial, termina por desaguar en el Moros en Juarros. Los antiguos valles y cauces de los ríos, cuando éstos atravesaban el Macizo de Santa María, quedaron secos e inactivos, habiendo sido ocupados posteriormente por pequeñas corrientes fluviales sin apenas caudal, los arroyos Balisa y Cercos. Como únicos testigos de estos cambios, nos quedan los sedimentos (aluviones) que dejaron los antiguos Paleomoros y Paleozorita en sus valles del Macizo de Santa María, y las planicies de gravas y cantos de Marazueta, que por su altura y dimensiones no pudieron haber sido formadas por el actual arroyo Balisa. Basado en Fernández y Garzón (1994).

Todas las rocas de Segovia

Como resultado de esta dilatada historia geológica, en la Provincia se puede encontrar una gran variedad de rocas, formadas en muy diferentes épocas y ambientes. El gráfico adjunto (figura 35) recoge esta diversidad, colocando unos conjuntos de rocas sobre otros en función de cuál es su edad, de manera que las más antiguas están en la parte inferior y las más modernas en la superior, tal y como se suelen encontrar en la Naturaleza, como bien recoge el antiguo principio geológico de la superposición.

Esta representación se denomina columna estratigráfica o litológica y en ella se representan, de izquierda a derecha: la edad en millones de años desde la actualidad; los nombres de las principales divisiones del tiempo geológico (eones, eras y periodos); el contenido fosilífero principal, con los grupos de restos más abundantes en las rocas; el tipo de roca, mediante unas tramas y un símbolo; los nombres que reciben los conjuntos de rocas (series, capas, formación, grupo...), tanto locales como regionales; y finalmente, en la derecha, el nombre de algunos municipios representativos que se sitúan sobre este conjunto de rocas, o que tienen abundantes afloramientos de ellas en sus inmediaciones.

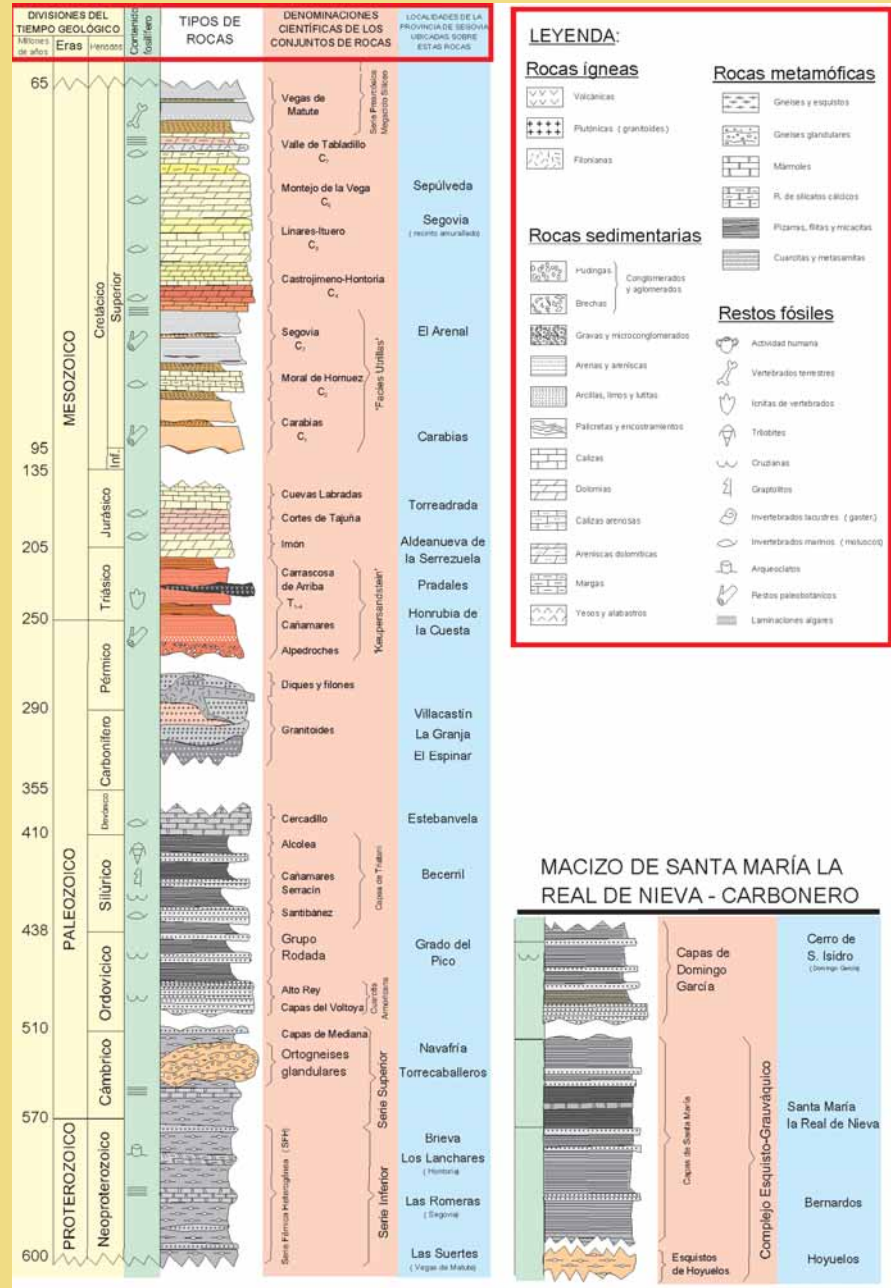
Así pues, se puede utilizar en dos sentidos: partir de un periodo (por ejemplo el Jurásico) y ver hace cuántos millones de años transcurrió, qué rocas se formaron en esta época, cómo se denominan formalmente, qué restos fósiles contienen, y en qué localidades hay rocas de esta época; o bien, partir de un municipio o localidad, y comprobar hacia la izquierda sobre qué rocas está.

Finalmente, hay épocas del tiempo en las que la columna estratigráfica es doble, como ocurre en el Proterozoico-Paleozoico inferior, Paleógeno-Neógeno, Plioceno y Cuaternario. Esta circunstancia pretende considerar que durante esos periodos en diferentes lugares de la Provincia se formaron rocas de características muy distintas, estando representados ambos conjuntos.

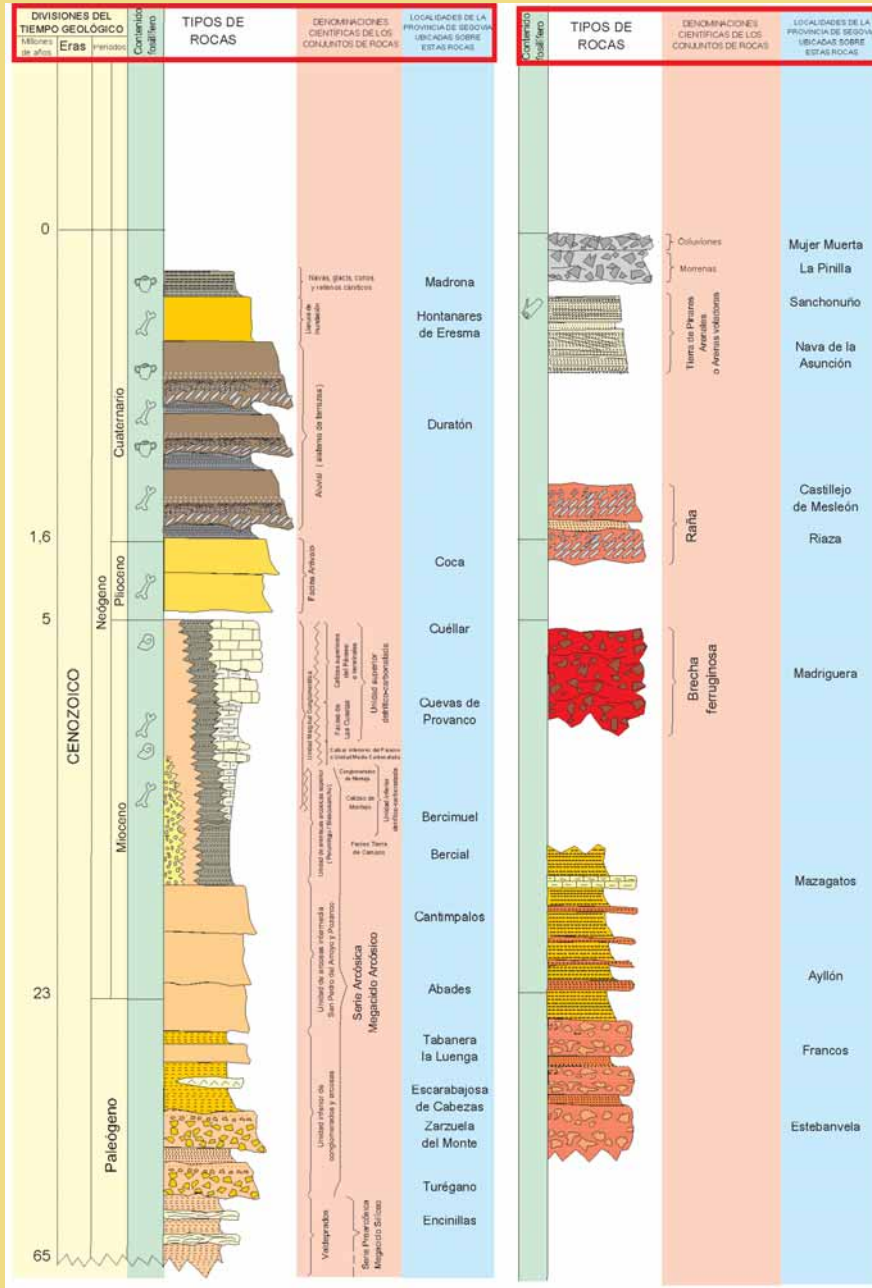
Los tramos de la columna no son proporcionales ni al espesor real de las rocas (potencia), ni a la duración de los periodos en el tiempo geológico. Es una licencia para que puedan aparecer representadas todas las rocas.

Para saber más: Gila (1897); ITGE (1990, 1991 a-g, 1993, 1995 a-b).

Figura 35. Representación de todos los tipos de rocas presentes en la provincia de Segovia. Están dispuestas en dos bloques, con lo más antiguo abajo y lo más moderno encima. Se indica en diferentes columnas: las divisiones del tiempo geológico (la edad en millones de años, eras y periodos), el contenido fosilífero, la litología predominante (tipo de roca) y su coloración, las denominaciones científicas de los conjuntos de rocas, y las localidades segovianas ubicadas sobre ellas.

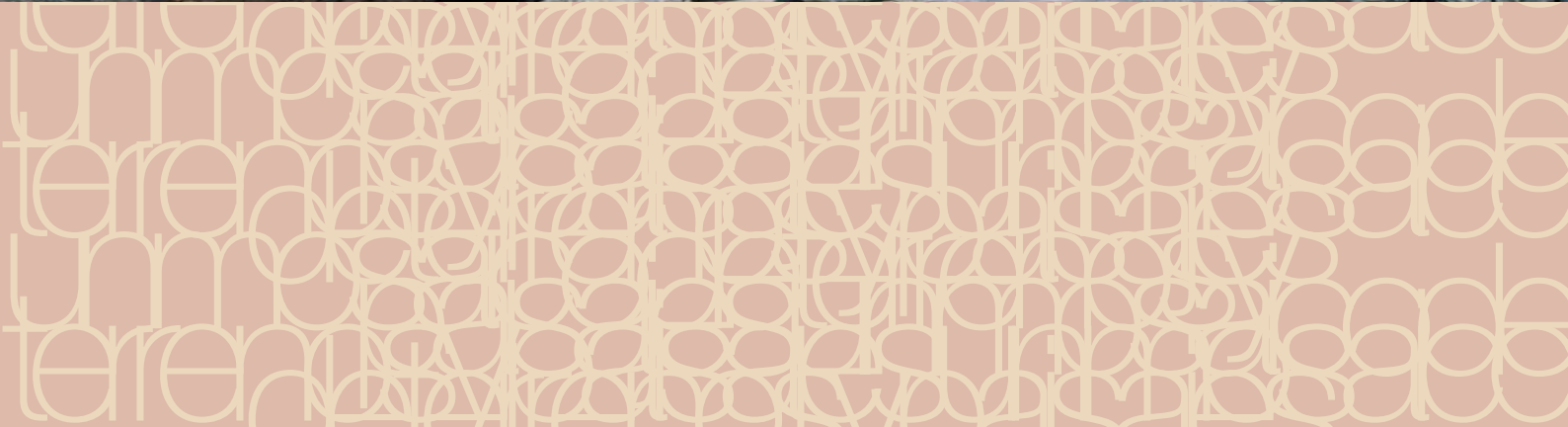
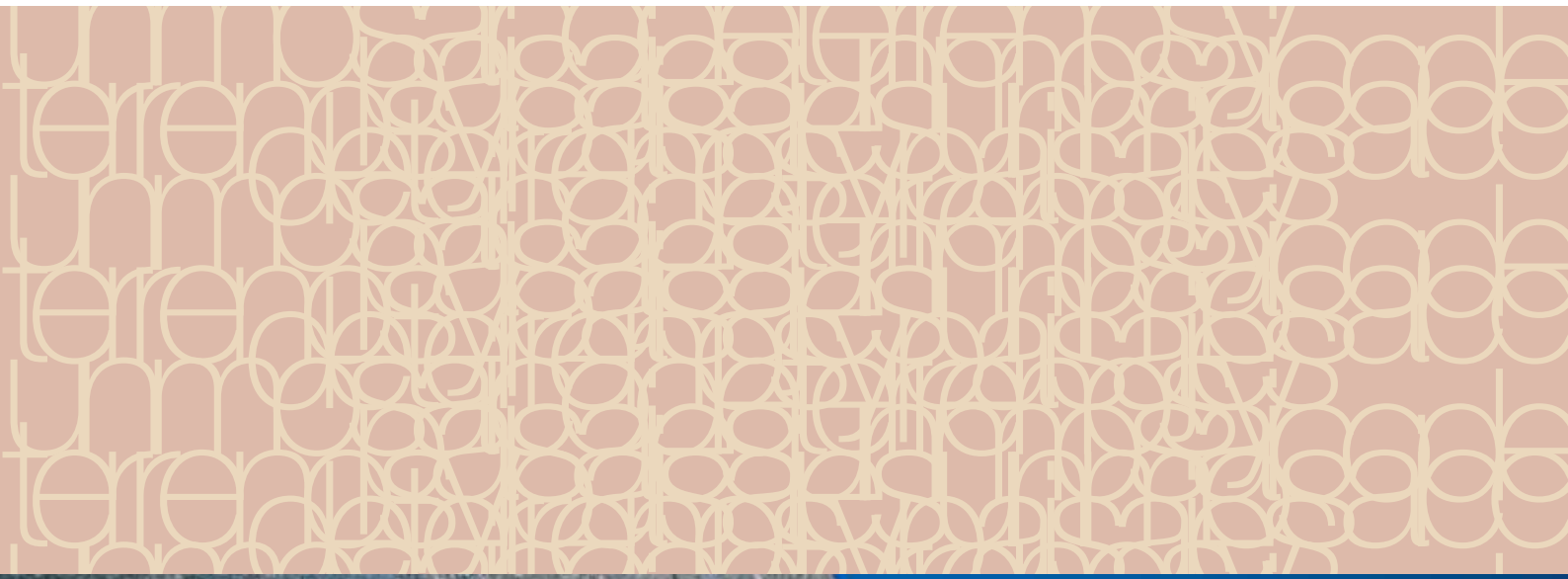


crónica reciente. Segovia en el Cenozoico





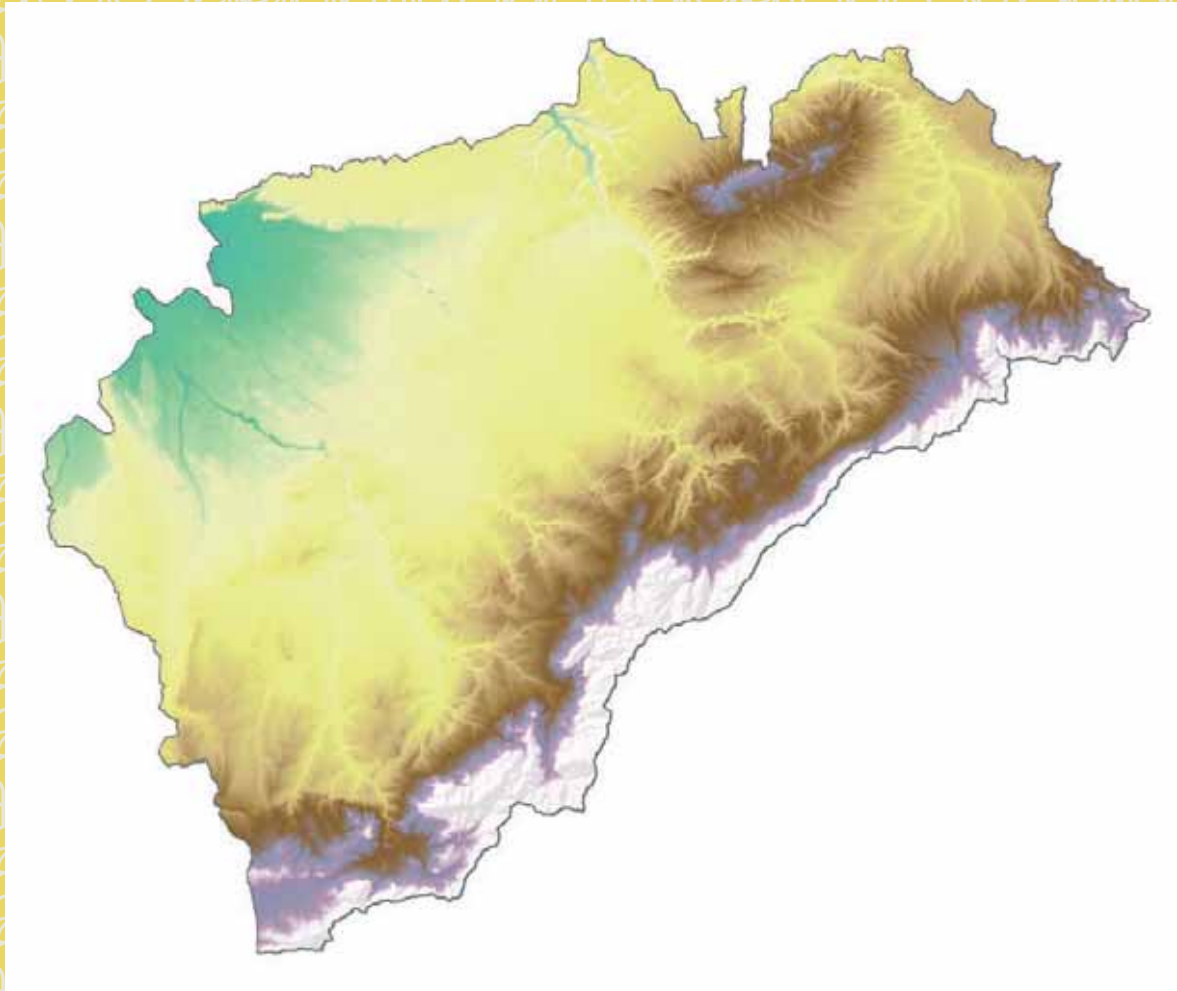
Un mosaico de terrenos y paisajes



La sucesión de acontecimientos que constituyen la historia geológica recién descrita ha configurado un mosaico de terrenos concreto. Esta disposición de rocas y formas del relieve no son sin embargo un 'producto final', sino que los agentes geológicos siguen actuando y modificando el territorio segoviano, aunque de una manera muy lenta y por tanto casi imperceptible para nosotros.

Tomando como punto de partida ese mosaico de terrenos que es resultado de la evolución geológica, dos son las ideas esenciales sobre las que gira esta segunda parte del libro. En primer lugar, que es posible correlacionar las unidades geológicas de la Provincia con las de otras regiones peninsulares, europeas o mundiales que tuvieron una historia común; y en segundo lugar que el tipo de rocas que forman el sustrato geológico, y las formas del relieve (esencialmente topografía) que muestran esas rocas en superficie, permiten definir, cartografiar y clasificar las grandes unidades naturales y de paisaje de la Provincia.

el marco general
un lugar en el planeta



Realicemos un viaje imaginario desde el espacio hasta Segovia, fijándonos en el relieve y en las formas de la superficie terrestre que observamos según nos aproximamos. El objetivo no es otro que conocer el contexto geológico en el que se sitúa la Provincia. ¿De qué tipo son los terrenos que la componen? ¿Son antiguos o recientes? ¿Raros o comunes? ¿Variados u homogéneos? ¿Dónde aparecen rocas y terrenos similares en la península Ibérica, Europa o el Mundo?

DESDE EL ESPACIO

Desde unos 900 km de distancia a la Tierra, entre una masa dominante de océanos, podemos ver una serie de tierras emergidas (continentes) y una gran concentración de islas en el borde de uno de los océanos (el Pacífico). Dentro de los continentes llama la atención la existencia de dos grandes cinturones de cadenas montañosas. El primero se extiende de manera continua desde el norte de África y la península Ibérica hasta el este de China, bordeando todo el continente euroasiático por el sur, e incluyendo entre otros a los Alpes e Himalayas. El segundo recorre por completo el borde pacífico del continente americano, desde la Patagonia hasta Alaska, formando los Andes y las cordilleras del oeste de Norteamérica. Estos cinturones montañosos reciben el nombre de **alpinos**, dado que se han formado en un episodio global (a escala planetaria) de formación de montañas; concretamente en el más reciente, que aún continúa. A estos episodios se les denomina **orogenias** (y de ahí el término 'orógeno' para las cadenas de montañas resultantes).

Pero el relieve más común de los continentes corresponde a extensas superficies, llanuras o planicies, entre las que se distinguen dos tipos. Si se trata de extensiones muy amplias de terrenos dominados por rocas 'cristalinas' (ígneas y metamórficas), se llaman **escudos**, como el africano, canadiense, australiano, brasileño, escandinavo, o indio. Los escudos constituyen las raíces de montañas muy antiguas (normalmente precámbricas, esto es, con más de 600 millones de años), que fueron erosionadas hasta convertirse en llanuras. El segundo gran grupo de llanuras está constituido por superficies continentales cubiertas por sedimentos (**cuencas sedimentarias**). Éstas pueden formar altiplanicies, si están situadas a cierta altitud sobre el nivel del mar (como las Mesetas del Colorado o de Siberia Central), o 'tierras bajas' o 'llanuras' (más comunes cerca de la costa), si su altitud sobre el nivel del mar no es elevada; es el caso de las Grandes Llanuras Norteamericanas, la Llanura de Europa Oriental o la Llanura China. Dado que se sitúan en las zonas continentales más bajas, es muy común que estén surcadas por los principales ríos del Planeta.

Estas grandes planicies (ya sean escudos o cuencas sedimentarias) están a veces interrumpidas por restos de **sistemas montañosos antiguos** que, bien no han sido reducidos a llanuras, bien han sido elevados de nuevo (caso de los Urales, los Apalaches, las mesetas de Asia Central y diversos bloques montañosos de Europa Occidental). A diferencia de los escudos, que son restos de montañas 'precámbricas', los sistemas montañosos 'antiguos' a que nos referimos son más recientes. Normalmente 'caledónicos', si son restos de montañas formadas en la orogenia Caledónica (hace entre 420 y 390 millones de años) y 'hercín-

el marco general. Un lugar en el planeta

cos' o 'variscos' si son restos de las montañas formadas en la orogenia Hercínica o Varisca (hace entre 380 y 250 millones de años).

Finalmente, una serie de grietas o fisuras a escala continental forman grandes fosas o depresiones que surcan las llanuras continentales. Es el caso del sistema de grandes valles que recorre de norte a sur la parte más oriental del continente africano (denominado *Rift Valley*); la 'Gran Cuenca', situada entre las Montañas Rocosas y la cadena de volcanes de la costa pacífica de Norteamérica (región denominada *Basin and Range*); o las depresiones del lago Baikal.

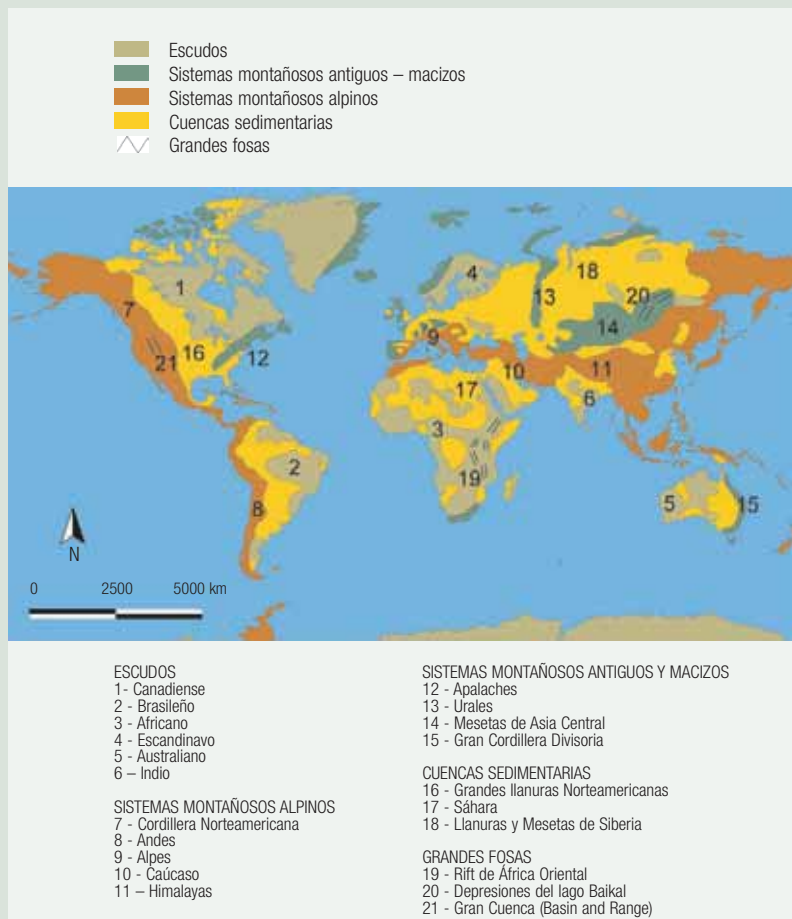


Figura 36. Principales unidades geológicas de la Tierra.

NUESTRA IDENTIDAD EUROPEA

Nos acercamos ahora a Europa occidental, y en ella encontramos una representación de los elementos ya citados a escala planetaria, sólo que de mucho menor tamaño. Es así porque la geología europea es bastante complicada, y por tanto interesante. Las cadenas montañosas 'alpinas' dibujan aquí una banda que, a modo de cinta sinuosa y replegada, bordea todo el Mediterráneo. Si observamos el mapa de la figura 37, vemos cómo el Atlas norteafricano, las Cordilleras Béticas, los Pirineos, los Alpes, los Apeninos, los Cárpatos, o los Balcanes, forman retazos de un mismo cinturón montañoso, que se prolonga en islas como las Baleares o Sicilia.

El escudo escandinavo domina el norte de esta región, formando extensas planicies sobre la mayor parte de las penínsulas Escandinava y de Kola. Los restos de montañas antiguas y erosionadas, del mismo tipo que los Urales y los Apalaches, pero que fueron elevadas de nuevo como consecuencia de orogénias posteriores, como la alpina, constituyen toda una serie de bloques montañosos característicos de Europa occidental, donde reciben el nombre de **macizos**. Normalmente aparecen como bloques separados entre sí, a modo de islas dentro del continente, entre las cuales se intercalan cuencas sedimentarias. Los macizos forman más frecuentemente zonas elevadas o 'tierras altas', constituyendo montañas 'medias'. Es el caso del Macizo Central Francés, del Macizo Bohemio, los Vosgos, la Selva Negra, los macizos de Córcega y Cerdeña, las *Highlands* escocesas, y las montañas del Macizo Ibérico en la península Ibérica. Pero pueden formar planicies parecidas a los escudos, aunque de menor extensión, o mesetas: Macizo Armoricano en Francia (Bretaña y Normandía), Macizo Renano o la península de Cornualles (en Gran Bretaña).

También aquí existe una gran grieta o fisura continental: el valle del Rin. Finalmente, separando los sistemas montañosos alpinos y los macizos, aparecen numerosas planicies sedimentarias: Llanuras Bálticas, Germano-Polacas, Húngara, cuencas de París y Londres...

UN PEQUEÑO CONTINENTE

Llegamos a la Península Ibérica (figura 38), donde de nuevo aparecen macizos, montañas alpinas y cuencas sedimentarias. La principal unidad peninsular es el Macizo Ibérico, extenso afloramiento de la cadena Hercínica europea, que ocupa una gran parte (oeste) de la península Ibérica. Éste presenta las dos morfologías principales que caracterizan a estos macizos a lo largo de toda Europa occidental: zonas elevadas formando montañas (Sistema Central, Cordillera Cantábrica,



Figura 37. Principales unidades geológicas de Europa occidental.

ESCUDOS	CUENCAS SEDIMENTARIAS
1 - Escandinavo	16 - Londres
MONTAÑAS ANTIGUAS Y MACIZOS	17 - París
2 - Montes Escandinavos	18 - Báltica
3 - Tierras Altas de Escocia	19 - Húngara
4 - Bretaña	GRANDES FOSAS
5 - Central Francés	20 - Rin
6 - Ibérico	
7 - Árdenas	
8 - Bohemia	
MONTAÑAS ALPINAS	
9 - Atlas	
10 - Béticas	
11 - Pirineos	
12 - Alpes	
13 - Apeninos	
14 - Balcanes	
15 - Cárpatos	

el marco general. Un lugar en el planeta

Montes de Toledo, Sierra Morena...) y grandes planicies (salmantino-zamorana, extremeña...). Cubriendo el macizo se sitúan dos cuencas sedimentarias principales (del Duero y del Tajo). Al Noreste y Sureste aparecen dos típicos sistemas montañosos alpinos (Pirineos y las Cordilleras Béticas, cuya prolongación son las Islas Baleares). Prácticamente uniendo ambos para formar una Z invertida estaría el Sistema Ibérico, que por la naturaleza de sus rocas y terrenos sería similar a las montañas alpinas, pero por su relieve estaría más próximo a una meseta. Otras dos cuencas sedimentarias bordean las montañas alpinas (Depresión del Ebro y del Guadalquivir).

TAMBIÉN AQUÍ TENEMOS DE CASI TODO

Situada en el centro de la península Ibérica, la provincia de Segovia se superpone a dos de sus unidades geológicas principales: uno de los sistemas montañosos que componen el Macizo Ibérico (el Sistema Central), y una de las ya referidas cuencas sedimentarias que cubren dicho macizo (la cuenca o depresión del Duero). Pero además, parte de los terrenos del Sistema Ibérico se prolongan hacia el interior de la provincia: (1) bordeando el conjunto de la Sierra de Ayllón por el Este; (2) a través de una serie de franjas adosadas al borde norte del Sistema Central; y (3) formando macizos y serrezuelas en el interior de la cuenca (figura 39).

Por este motivo, por situarse en una zona donde confluyen los tres grandes tipos de unidades geológicas peninsulares, la provincia de Segovia incluye una gran variedad de rocas, terrenos y paisajes:

-*Terrenos silíceos*. Rocas ígneas y metamórficas, correspondientes al Macizo Ibérico, en el Sistema Central, su piedemonte norte y unos pequeños 'macizos' dentro de la Cuenca (Santa María, Zarzuela del Pinar, Monterrubio, Honrubia). Son de edad Paleozoica (o 'era Primaria') y Proterozoica (antiguamente denominado 'Precámbrico').

-*Terrenos calizos*. Rocas sedimentarias, en su mayoría de origen fluvial, marino y costero, correspondientes a la prolongación occidental del Sistema Ibérico. Son de edad Mesozoica (o 'era Secundaria').

-*Terrenos arenosos y arcillosos* (aunque incluye también rocas calizas, en los Páramos). Rocas sedimentarias de origen continental, correspondientes a la cuenca del Duero. Edad Cenozoica (o 'Terciario' y 'Cuaternario').

Para saber más:

Gutiérrez Elorza (1994); Hernández-Pacheco (1934); Martín Duque (1997); Pedraza *et al.* (1996).

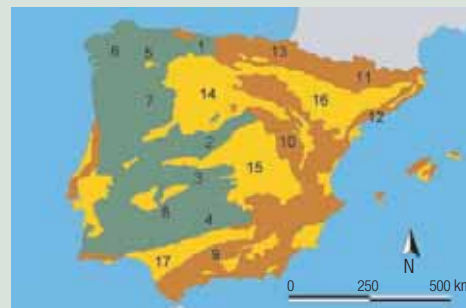


Figura 38. Principales unidades geológicas de la península Ibérica y Baleares.

MONTAÑAS DEL MACIZO IBÉRICO	MONTAÑAS ALPINAS
1 - Cantábrica	9 - Béticas
2 - Sistema Central	10 - Sistema Ibérico
3 - Montes de Toledo	11 - Pirineos
4 - Sierra Morena	12 - Costero Catalán
5 - Montes de León	13 - Vasco – Cantábrica
6 - Macizo Galaico	
LLANURAS DEL MACIZO IBÉRICO	CUENCAS SEDIMENTARIAS
7 - Salmantino-Zamorana	14 - Duero
8 - Extremeña	15 - Tajo
	16 - Ebro
	17 - Guadalquivir



Figura 39. Principales unidades geológicas de la provincia de Segovia.

las grandes regiones y
comarcas naturales de
Segovia

las grandes regiones y
comarcas naturales de
Segovia las grandes regiones y
comarcas naturales de
Segovia las grandes regiones y
comarcas naturales de
Segovia las grandes regiones y
comarcas naturales de
Segovia



las grandes regiones y
comarcas naturales de
Segovia las grandes regiones y
comarcas naturales de
Segovia las grandes regiones y
comarcas naturales de
Segovia

En el capítulo anterior hemos visto que la provincia de Segovia se asienta, en su práctica totalidad, sobre dos grandes regiones geológicas y naturales: (1) el Sistema Central ('la Sierra'), y (2) la Cuenca o Depresión del Duero, también llamada Submeseta Norte ('las Llanuras'). El hecho de que los terrenos del Sistema Ibérico se prolonguen hacia el interior de la provincia, y la singular estructura del borde norte del Sistema Central, contribuyen a aumentar la diversidad geológica de ambas regiones, y de la Provincia. De esta manera, la Sierra no sólo está formada por las rocas ígneas y metamórficas que caracterizan otros sectores peninsulares del Macizo Ibérico, sino que también incluye unas franjas de rocas sedimentarias de origen fluvial y marino adosadas al piedemonte. Y las Llanuras de la Submeseta Norte, que en otras provincias cercanas están dominadas casi exclusivamente por rocas sedimentarias de origen continental, incluyen aquí una serie de macizos y serrezuelas, con sustratos tanto de rocas ígneas y metamórficas (similares a los del Sistema Central), como sustratos de rocas sedimentarias de origen fluvial y marino (similares a los del Sistema Ibérico).

En definitiva, la provincia forma parte de dos grandes regiones geológicas y naturales: las montañas y piedemontes del Sistema Central, y las planicies, macizos y serrezuelas de la Cuenca del Duero. Dentro de ese marco general es posible distinguir una serie de 'dominios paisajísticos'. La propuesta de clasificación de los paisajes de la provincia de Segovia que desarrollamos aquí parte de su configuración geomorfológica; es decir, se basa en una combinación de dos criterios: el tipo de rocas que forman el sustrato geológico, y las formas del relieve (esencialmente topografía) que muestran esas rocas en superficie. Esta clasificación utiliza como criterio, por tanto, propiedades objetivas del terreno (contactos geológicos y contrastes topográficos), de manera que los límites entre distintas unidades son nítidos, y su cartografía puede llevarse a cabo con precisión.

Sin que ésta sea una regla universal, la relación entre unidades geomorfológicas y paisajes es en nuestra provincia muy clara. Las razones existentes detrás de esa relación son las siguientes. Por un lado, bajo unas condiciones climáticas no demasiado húmedas, el sustrato geológico más superficial ejerce un control muy importante sobre los suelos y la vegetación 'natural'. Por otro, el conocimiento empírico de las posibilidades de uso, y también de sus limitaciones, de ese conjunto de



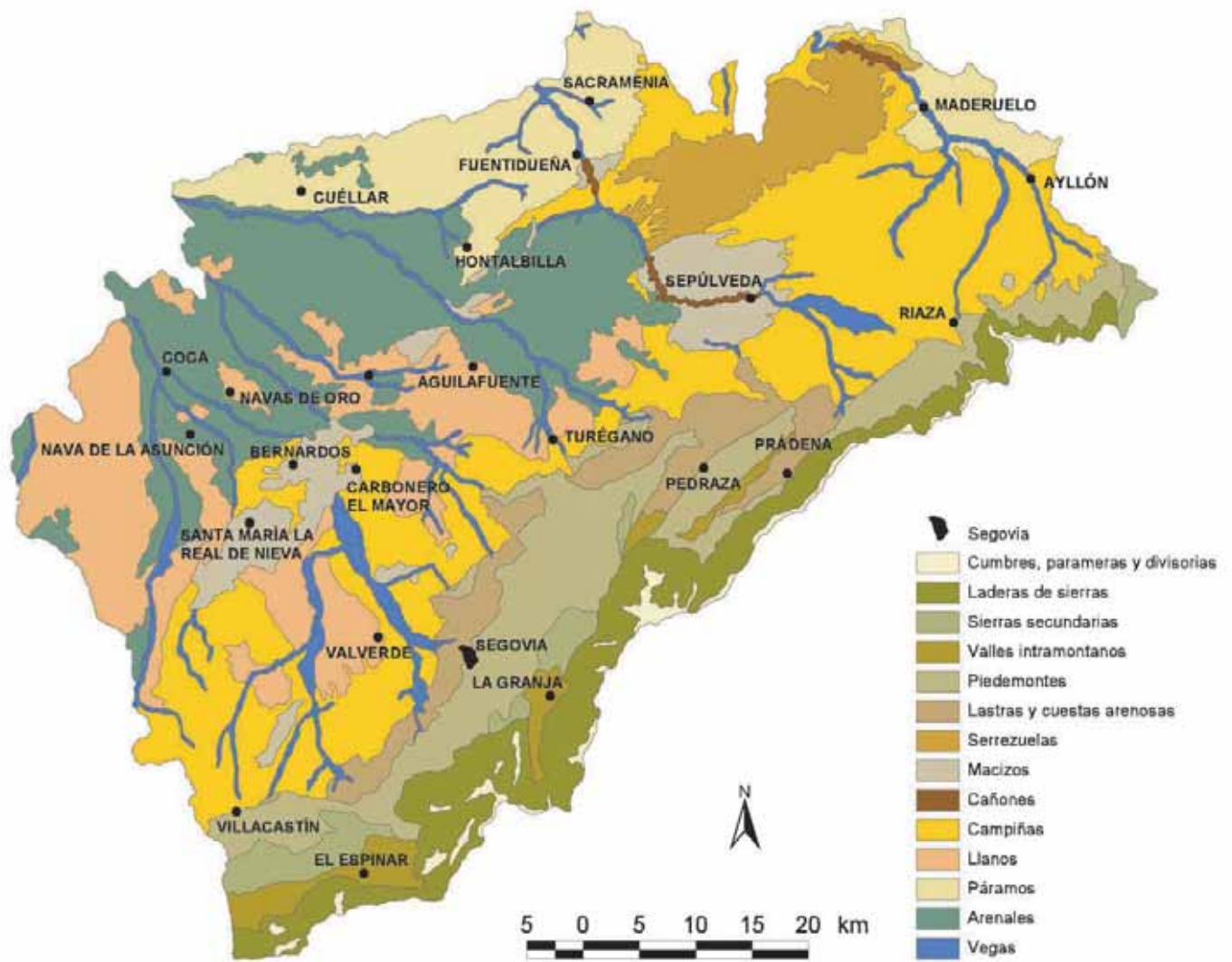
rocas, suelos y vegetación, bajo la influencia de unas determinadas condiciones climáticas, ha condicionado en gran medida el aprovechamiento histórico del territorio (fundamentalmente de tipo primario, cultivos, pastos, maderas, materiales de construcción). Mediante esos usos, el hombre ha impreso una huella indeleble en las distintas unidades geomorfológicas, contribuyendo a definir el carácter de los paisajes que hoy vemos (Tabla de la página 68, Figura 40). Es el caso de los pinares resineros sobre llanuras arenosas (Tierra de Pinares), cultivos de secano sobre lomas y vaguadas desarrolladas en rocas sedimentarias (campiñas), pastizales sobre plataformas calcáreas (lastras), entre otros.

Lo que aquí hemos denominado 'tipos de terreno' constituye una variedad de estos paisajes, introducida por un cambio en el sustrato geológico (por ejemplo, el piedemonte granítico muestra unas fisonomías distintas a la de un piedemonte sobre gneises) (Figura 41). Finalmente, los elementos geomorfológicos constituyen las formas del terreno y del paisaje más 'básicas' (cerro, loma, vaguada, pedrera, duna, dolina...). Normalmente, éstos son el resultado de la actuación de un determinado agente geomorfológico (por ejemplo un río), produciendo formas sencillas (un barranco, una garganta, una llanura aluvial...). Los sitios y lugares más singulares, con mejores condiciones para la interpretación geológica y geomorfológica, se describen en la tercera parte del libro.

La clasificación que proponemos no recoge la especificidad geográfica (es decir, piedemonte de Villacastín, macizo de Sepúlveda, campiñas de Ayllón, Sierra de Malagón...). No porque no creamos que sea útil, sino porque el objetivo que ha guiado nuestra clasificación ha sido el de correlacionar terrenos y paisajes con propiedades similares. Y según este criterio, todas las lastras del piedemonte, todos los piedemontes, todas las campiñas arenosas, o todos los páramos calcáreos, gozan de unas características ecológicas y visuales, y de unas capacidades, limitaciones y problemática para su gestión, muy similares.

UNIDADES GEOLÓGICAS Y TOPOGRÁFICAS		UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	TIPOS DE TERRENO	ELEMENTOS GEOMORFOLÓGICOS, FORMAS BÁSICAS DEL TERRENO
REGIONES Y COMARCAS NATURALES		DOMINIOS DE PAISAJE	VARIEDAD DE PAISAJE	SITIOS / LUGARES / ELEMENTOS DEL PAISAJE
LA SIERRA	MONTAÑAS	Cumbres, parameras y divisorias de sierras (A)	Graníticas (1)	Planicies y lomas divisorias, peñas y peñotas (cimeras), cabezos, collados, navas de altura
			Sobre gneises (2)	Cuerdas, picos
			Sobre cuarcitas y pizarras (3)	
		Laderas de sierras (B)	Graníticas (4)	Escarpes rocosos, canchales, gargantas y torrenteras, coluviones, circos glaciares, nichos de nivación, morrenas, depósitos de deslizamiento, depósitos de fondo de gargantas, tollas
			Sobre gneises (5)	
			Sobre pizarras, esquistos y cuarcitas (6)	
	PIEDEMONTES	Sierras secundarias (C)	Graníticas (7)	Laderas, berrocales, lanchares
			Sobre gneises (8)	Laderas, cerros, cabezos
			Sobre cuarcitas y pizarras (9)	Laderas
		Valles intramontanos (D)	Sobre areniscas y arenas (10)	Cuestas y arenales
			Parameras calcáreas (11)	Plataformas, mesas
			Con relleno sedimentario arenoso (12) (campos en depresiones)	Colinas, vaguadas, llanuras aluviales
LLANURAS	SERREZUELAS Y MACIZOS	Con fondo plano y relleno limo-arcilloso (13)	Navas	
		Sobre granitos (14)	Llanuras rocosas	
		Sobre gneises (15)	Lanchares, berrocales, tors, navas	
	Piedemontes (s.s.) (E)	Piedemonte granítico (Berrocales) (16)	Llanuras rocosas, abanicos aluviales, gargantas, navas, cerros (oteros)	
		Piedemonte sobre gneises (17)	Llanuras rocosas, gargantas	
		Piedemonte sobre pizarras (18)	Abanicos aluviales	
LLANURAS	Lastras y cuestras arenosas (F)	Raía de piedemonte (19)	Plataformas, mesas, cuestras, dolinas, hocinos y pequeños cañones	
		Sobre rocas carbonáticas (Lastras del piedemonte) (20)	Laderas y cuestras, barrancos, cárcavas, conos de deyección	
		Areno-arcillosas (arenales y jalbegueras) (21)		
	Serrezuelas (G)	Sobre pizarras y cuarcitas (22)	Crestas, valles	
		Sobre gneises (23)	Colinas, vaguadas	
		Sobre areniscas (24)	Lomas, barrancos	
LLANURAS	Macizos (H)	Sobre rocas carbonáticas (Cuestras) (25)	Cuestras, lenares	
		Sobre arenas silíceas (26)	Lomas, vaguadas	
		Sobre rocas carbonáticas (Lastras y cuestras) (27)	Plataformas, mesas, cuestras, dolinas, hocinos y pequeños cañones	
	Cañones (I)	Sobre granitos (28)	Campos de bolos, berrocales, navas	
		Sobre pizarras (pizarrales) (29)	Llanuras rocosas	
		Sobre gneises (30)	Plataformas, cuestras, mesas, dolinas, vallejos	
LLANURAS	Campiñas (J)	Sobre rocas carbonáticas (Lastras en macizos) (31)	Lomas, laderas	
		Arenales en macizos (arenales y tobares) (32)	Cantiles rocosos, taludes de derrubios, llanuras aluviales, vallejos	
		Hoces calcáreas (33)		
	Llanos (K)	Campiñas arcillosas (34)	Lomas, vaguadas, cerros (otones), cárcavas y barrancos	
		Campiñas arenosas (35)		
		Raía en campiñas (36)	Llanuras, zonas encharcadas (lavajos)	
Páramos (L)	Areno-arcillosos (37)	Llanuras rocosas, valles secos, lapiaces y lenares		
	Sobre margas, arcillas y yesos (38)	Laderas, regueros, barrancos		
	Carbonáticos (páramos calcáreos) (39)	Mantos arenosos, dunas (cotarros), lagunas		
Vegas (N)	Margo-yesíferos (cuestras del páramo) (40)	Llanuras, escarpes (de terrazas)		
	Llanuras arenosas (41)	Llanuras de inundación, cauce o canal, meandros abandonados, conos de desbordamiento y desembocadura		
	Terrazas (42)			
		Fondos de valles (43)		

Propuesta de clasificación de los paisajes de la provincia de Segovia, a distintas escalas, a partir de su configuración geomorfológica. Las regiones y comarcas naturales son reflejo de la macroestructura geológica y topográfica. Los dominios paisajísticos responden a una configuración geomorfológica similar. Los tipos de terreno son variedades del paisaje introducidas por un cambio en el tipo de roca. Y los elementos geomorfológicos constituyen las formas del terreno 'básicas'.



Dominios de paisaje de la provincia de Segovia.



A



B



C



G



H



I

Figura 40.
 (Fotos A, K, N, Andres Díez;
 fotos B, C, D, E, F, G, H, J, Alberto Carrera;
 fotos I, L y M, Justino Díez).

- (A) Cumbres, parameras y divisorias de sierras,
- (B) laderas de sierras,
- (C) sierras secundarias,
- (D) valles intramontanos,
- (E) piedemontes,
- (F) lastras y cuestras arenosas,
- (G) serrezuelas,
- (H) macizos,
- (I) cañones,
- (J) campiñas,
- (K) llanos,
- (L) páramos,
- (M) arenales, y
- (N) vegas.



M



D



E



F



J



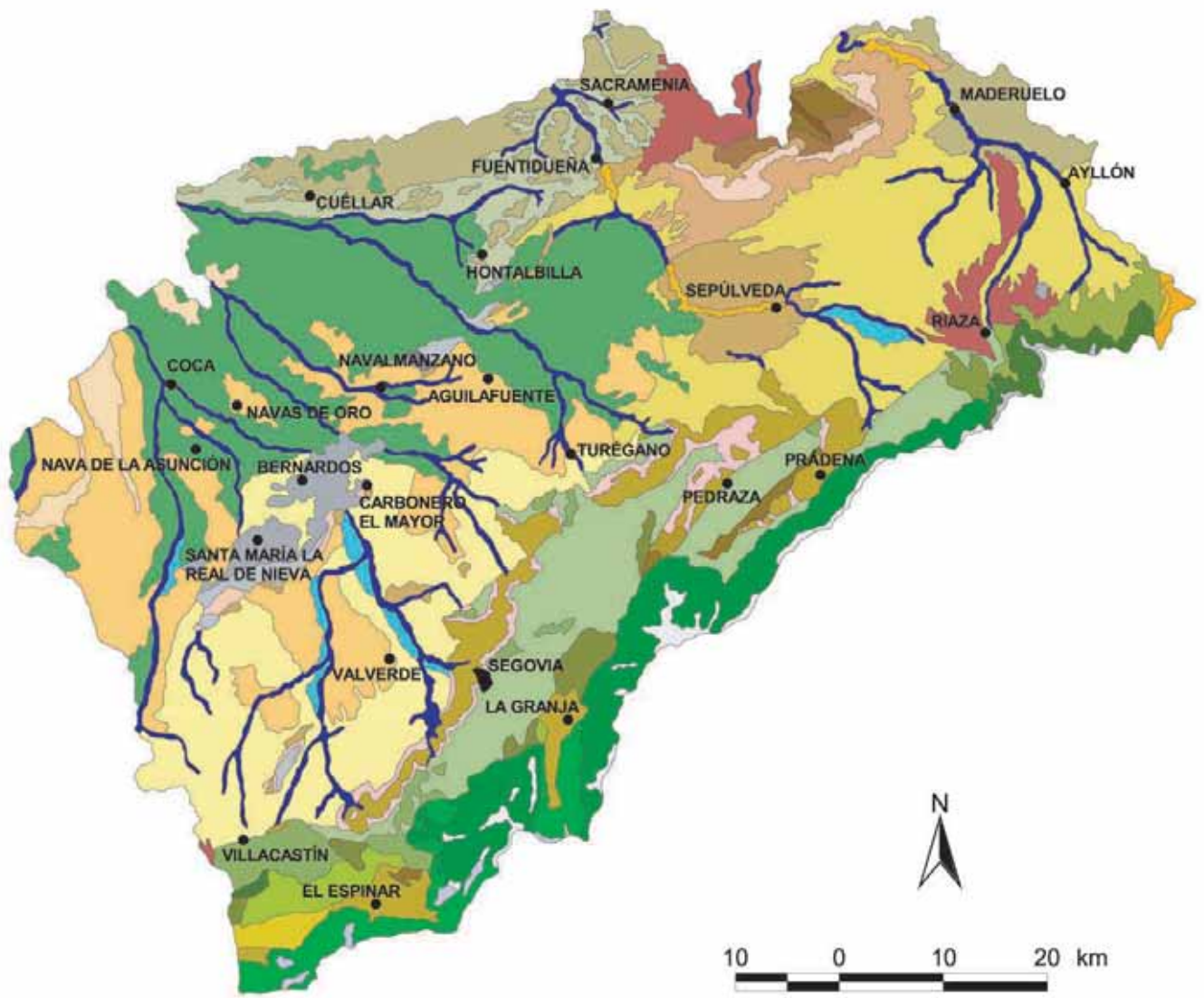
K















































L



N



Tipos de terreno que configuran variedades de paisaje.

-  Segovia
-  Cumbres sobre granitos (1)
 -  Cumbres sobre gneises (2)
 -  Cumbres sobre pizarras (3)
 -  Laderas sobre granitos (4)
 -  Laderas sobre gneises (5)
 -  Laderas sobre pizarras (6)
 -  Sierras secundarias sobre granitos (7)
 -  Sierras secundarias sobre gneises (8)
 -  Sierras secundarias sobre pizarras (9)
 -  Sierras secundarias sobre areniscas (10)
 -  Parameras calcáreas (11)
 -  Valles intramontanos (arenas) (12)
 -  Valles intramontanos (limos y arcillas) (13)
 -  Valles intramontanos sobre granitos (14)
 -  Valles intramontanos sobre gneises (15)
 -  Piedemonte sobre granitos (16)
 -  Piedemonte sobre gneises (17)
 -  Piedemonte sobre pizarras (18)
 -  Raña de piedemonte (19)
 -  Lastras calcáreas del piedemonte (20)
 -  Arenales del piedemonte (21)
 -  Serrezuelas sobre pizarras y cuarcitas (22)
 -  Serrezuelas sobre gneises (23)
 -  Cuestas de areniscas en serrezuelas (24)
 -  Cuestas calcáreas en serrezuelas (25)
 -  Arenales en serrezuelas (26)
 -  Lastras y cuestas en serrezuelas (27)
 -  Macizos sobre granitos (28)
 -  Macizos sobre pizarras (29)
 -  Macizos sobre gneises (30)
 -  Lastras en macizos (31)
 -  Arenales en macizos (32)
 -  Hoces calcáreas (33)
 -  Campiñas arcillosas (34)
 -  Campiñas arenosas (35)
 -  Raña en campiñas (36)
 -  Llanos areno - arcillosos (37)
 -  Llanos sobre margas, arcillas y yesos (38)
 -  Páramos calcáreos (39)
 -  Cuestas del páramo (margas y yesos) (40)
 -  Llanuras arenosas (41)
 -  Terrazas arenosas (42)
 -  Fondos de valles (arenas, gravas, arcillas) (43)

LA SIERRA

Figura 41. Las laderas de las sierras segovianas ofrecen un buen ejemplo de la influencia que ejerce el tipo de roca en la topografía de las mismas: (A) Laderas de sierras sobre pizarras esquistos y cuarcitas, de topografía compleja (inmediaciones del puerto de la Quesera). (B) Laderas de sierras sobre gneises, de trazado rectilíneo y mayoritariamente cubiertas por suelos y vegetación, exceptuando algún afloramiento rocoso de gneises muy resistentes (Cabecera del río Viejo); (C) Laderas de sierras sobre granitos, con textura rugosa y mayor proporción de rocas en la superficie, Peña del Hombre, Sierra de Quintanar. (Fotos: A. Carrera)

De estructura relativamente simple, la 'sierra segoviana' está constituida por una serie de bloques montañosos prominentes, de orientación este-oeste y noreste-suroeste, que a modo de muralla natural sirven de límite provincial por el sur y sureste. Desde un punto de vista geográfico constituyen una serie de elevaciones que incluyen parte de las cumbres y laderas septentrionales (norte) de las sierras de Malagón, Guadarrama, Somosierra y Ayllón.

Las rocas que sirven de sustrato a este conjunto montañoso son ígneas (granitoides) y metamórficas (gneises, esquistos, cuarcitas y pizarras); en líneas generales, los granitos dominan al Oeste, los gneises en el centro, y los esquistos, pizarras y cuarcitas al Este. Todas esas rocas se formaron en el interior de un sistema montañoso antiguo, que posteriormente fue erosionado hasta casi una llanura, y luego elevado hasta su posición actual en forma de bloques rígidos.



A

las grandes regiones y comarcas naturales de Segovia

Los procesos geológicos que formaron el Sistema Central condicionaron a su vez lo que constituye hoy en día el rasgo fisiográfico más conspicuo de la provincia, y que mayores repercusiones climáticas, ecológicas y sociales tiene. Desde un punto de vista climático ocasiona un aumento importante de las precipitaciones, y que buena parte de éstas sean en forma de nieve. A su vez, ese incremento de precipitación y descenso de temperatura que se produce con la elevación causa importantes cambios en los ecosistemas, que pasan de tener un carácter mediterráneo en el piedemonte, a bosques de especies caducifolias, luego a coníferas, y finalmente a matorrales y pastizales 'alpinos', a medida que asciende la altitud.

A pesar de esa distribución teórica, las montañas segovianas tienen un elevado grado de deforestación, aunque aún pueden encontrarse masas importantes de roble melojo y pino silvestre. Los primeros han sido objeto de un uso tradicional agrosilvopastoril, con el aprovechamiento de pastos y maderas, y actividades de carboneo. En estos casos forman un paisaje típico de 'matas' de roble (La Saúca, de Pirón). Los segundos han sido objeto de una importante actividad forestal, que en el caso de Valsain es secular. Estos bosques proporcionan importante refugio a la fauna silvestre, ofrecen caza y son el marco de numerosas actividades recreativas. Y también fueron la causa probable de la localización de palacios reales.

Los bloques montañosos referidos, con rocas en general muy resistentes, apenas se encuentran erosionados por las torrenteras que los surcan. Estos cursos torrenciales han constituido históricamente, el origen del suministro de agua a las poblaciones del piedemonte. Primero a través de caceras milenarias, como la más conocida del acueducto, y hoy mediante embalses, situados tanto en las laderas de la sierra como algunos de ellos en el piedemonte más cercano a la sierra.

Pero desde un punto de vista social, y hasta que se construyeron los túneles del ferrocarril y la autopista de San Rafael, el mayor condicionante de las zonas montañosas ha sido probablemente el impuesto a las comunicaciones. Hoy esta limitación ha sido batida de nuevo, con un desafiante túnel.

Bordeando las elevaciones montañosas hacia el Norte y el Oeste, se extiende un piedemonte típico, con una anchura que oscila entre los pocos cientos de metros en algunos sectores de la Sierra de Ayllón y los más de 15 km en Navafria, Sotosalbos, Torrecaballeros y Segovia. Aunque desde un punto de vista estrictamente topográfico los piedemontes podrían formar parte de las llanuras de la Submeseta Norte, desde un punto de vista geológico forman parte de la Sierra. Y de hecho así es considerado a nivel popular: hablamos de 'terrenos de sierra' y de 'pueblos de sierra' para referir a lugares como Navas de San Antonio, Otero



B



C

de Herreros, Revenga, Torreval, Prádena, Arcones, Sigüero o Riaza, situados en realidad en el piedemonte.

El sustrato rocoso de la mayoría del piedemonte es similar al de la montaña, ya que tienen el mismo origen: restos de un sistema montañoso antiguo, posteriormente erosionado y luego elevado. Desde un punto de vista topográfico se trata de una llanura ligeramente inclinada hacia el noroeste, sólo interrumpida por cerros esporádicos y por gargantas fluviales. Otra serie de terrenos desarrollados sobre rocas sedimentarias de origen fluvial y marino (calizas, dolomías, margas, arenas silíceas y arcillas) completan el sustrato del piedemonte. Se trata de una estrecha franja adosada a éste en su límite externo, entre Villacastín y Torreiglesias, y tres franjas o bandas alternantes al noreste de la anterior, cuyos límites coinciden con localidades como Prádena, Pedraza o El Cubillo. Aunque constituyen hoy plataformas destacadas en el paisaje, resulta interesante considerar que estos terrenos formaron parte del fondo de antiguos ríos y océanos, a finales de la era Mesozoica.

La constitución geológica del piedemonte ha tenido una profunda repercusión en los aprovechamientos históricos por parte del hombre, y en definitiva en el paisaje que hoy observamos. De esta manera, la presencia de un sustrato roco-

Figura 42. Con la formación del Sistema Central, la historia geológica introdujo el principal condicionante climático y ecológico de la provincia.



las grandes regiones y comarcas naturales de Segovia

so a escasa profundidad no permite el desarrollo de suelos adecuados para la agricultura. Así, salvo en épocas de extrema necesidad, en que llegaron a cultivarse en parte, su uso mayoritario durante siglos ha sido el pastoreo. Debido a este aprovechamiento, la imagen que mejor define hoy los piedemontes segovianos es la ausencia de vegetación arbórea, y el dominio de pastizales y matorrales. Sólo en determinadas localizaciones aparecen formaciones arbóreas de robledal (Riaza, Sotosalbos), encinar (Revenga, Ortigosa), zonas adehesadas de fresno (Sotosalbos, Navafría) y algunos sabinares en las lastras del piedemonte (Casla, Prádena). En ese contexto se inserta un buen número de núcleos de población, pequeños y compactos.

Otro de los grandes condicionantes de la naturaleza del terreno se debe al aprovechamiento de los recursos hídricos. La naturaleza impermeable de la mayor parte del sustrato ígneo y metamórfico impide la existencia de acuíferos, de manera que el uso del agua tiene casi siempre un origen 'superficial'. En todo caso, existen pequeños pozos excavados en fracturas del sustrato, pero nunca captaciones profundas. La fuerza motriz de las aguas superficiales en estos terrenos fue tradicionalmente utilizada para mover numerosos molinos y otros ingenios, como batanes, martinets y minicentrales eléctricas.



LAS LLANURAS

La cuenca del Duero en Segovia se caracteriza por amplias llanuras, desarrolladas mayoritariamente sobre rocas sedimentarias poco consolidadas (conglomerados, arenas, limos, arcillas, margas). Dentro de ese carácter de llanura, pueden aparecer zonas ligeramente onduladas, resultado de la sucesión de lomas y vaguadas (campiñas), zonas muy planas (llanos), y llanuras arenosas (arenales). Hacia el norte el tipo de rocas varía (calizas), y con ello cambia el relieve, que es característico de mesas y páramos, variando la tendencia de las campiñas, llanos y arenales del sur.

Estas rocas son el resultado de una actividad geológica 'reciente': la acumulación en una cuenca sedimentaria continental de los materiales erosionados en el Sistema Central. Todo ello a lo largo del periodo Cenozoico.

En este dominio 'sedimentario' también quedan incluidas las amplias llanuras aluviales y de aterrazamiento de los principales ríos segovianos, formadas sobre los propios sedimentos fluviales (gravas, arenas, limos).

Las llanuras desarrolladas sobre rocas sedimentarias son el dominio de la agricultura (de secano y regadío) y de la ganadería intensiva, y las poblaciones son mayores que en el piedemonte. También de cultivos arbóreos: choperas en cursos fluviales, y pinares de pino resinero en los arenales.

A diferencia de los de la Sierra y su piedemonte, la naturaleza geológica de estos terrenos (rocas sedimentarias, siempre con un cierto grado de permeabilidad, y no muy compactadas), hace posible la existencia de acuíferos, y por tanto que el abastecimiento de agua para usos domésticos y agrícolas sea mayoritariamente de origen subterráneo. Estas aguas fueron 'alumbradas' desde antiguo mediante pozos poco profundos (norias), y hoy en día lo son a partir de grandes perforaciones (sondeos).

El conjunto de planicies desarrolladas sobre rocas sedimentarias aparece interrumpido por una serie de macizos y serrezuelas, de sustrato bien distinto. En la terminología geológica a escala 'global', el término 'macizo' tiene un significado muy definido: son unidades geológicas distintas a las de su alrededor, que en general coinciden con restos de sistemas montañosos antiguos, erosionados y luego elevados. Por este motivo aparecen ahora formando altiplanicies y sistemas montañosos de altitud media. Éstos son muy abundantes, como ya citamos, en Europa central y occidental: Macizo Central Francés, Macizo de Bohemia, Los Vosgos, Selva Negra, o el propio Macizo Ibérico.

Los macizos y serrezuelas de la provincia de Segovia tienen en realidad la misma naturaleza y significado que los ya referidos a escala continental, pero de mucho menor tamaño. Quizás por este motivo, el uso de 'macizos' para referir a estos terrenos está también muy asentado en la literatura geológica regional: Macizo de Santa María, Macizo de Monterrubio o Lastras de la Lama, Macizo de Zarzuela



Figura 43. Sucesión de lomas y vaguadas. Relieve ondulado característico de la campiña situada entre Zarzuela del Monte y Monterrubio. (Foto: J.F. Martín Duque)

las grandes regiones y comarcas naturales de Segovia

del Pinar, Macizo de Honrubia. Por su situación fuera del 'recinto' del Macizo Ibérico (todo el dominio de la Sierra y el Piedemonte), su vinculación a éste, y su menor tamaño, también se les denomina 'macizos satélite' (o incluso 'periféricos').

Son terrenos distintos a los de su entorno, cuyos núcleos corresponden a restos de sistemas montañosos antiguos, que fueron erosionados y luego elevados. Bordeando estos núcleos de rocas antiguas, suelen aparecer rocas sedimentarias de edad mesozoica (Monterrubio, Santa María, Zarzuela del Pinar, Honrubia). En algunos casos, las rocas sedimentarias cubren totalmente el núcleo de rocas antiguas, formando ellas mismas el macizo (Sepúlveda, Roda-Los Huertos, Cantimpalos). Desde un punto de vista topográfico siempre destacan ligeramente sobre su entorno inmediato, mostrando también las dos posibles variedades en que se muestran los macizos: formando altiplanicies (Monterrubio, Santa María, Zarzuela del Pinar, Sepúlveda) o formando pequeñas montañas (Sierra de Pradales, o Serrezuela).

La orientación general de los macizos de la provincia de Segovia es suroeste – noreste, la misma que las alineaciones principales de sierras y piedemontes, ya que forman parte de la misma estructura geológica que aquéllos: grandes bloques elevados a partir de sistemas de grandes fallas, de orientación similar. Dado que la red de drenaje principal de la provincia tiene una orientación sureste – noroeste, los ríos principales cortan a los macizos prácticamente de manera perpendicular, formando encajamientos fluviales llamativos.

Con respecto a otros territorios peninsulares situados en el dominio de cuencas sedimentarias, la presencia de macizos y serrezuelas salpicando las extensas llanuras del borde sur de la cuenca del Duero es quizás uno de los rasgos geológicos más singulares de la provincia de Segovia. Esta singularidad geológica se traduce en un elemento destacado de diversidad ecológica y paisajística, que hace posible la presencia de terrenos de pastizales y 'monte' similares a los del piedemonte (tanto el desarrollado sobre rocas cristalinas como carbonáticas o lastras), o la aparición de espectaculares gargantas (Eresma, Cega) y cañones (Duratón, Ríaza), en un territorio dominado por campiñas cerealistas y llanuras pinariegas.

Para saber más: JCyL (1988); Martín Duque *et al.* (2003); Martínez de Pisón (1977); Pedraza *et al.* (1986).



Figura 44. Barrancos interrumpiendo laderas de pendiente suave de las campiñas, denominados popularmente 'galachos'. (Foto: A. Carrera)



lugares para la interpretación del paisaje

interpretación de paisajes para la
interpretación de paisajes para la
interpretación de paisajes para la



interpretación de paisajes para la
interpretación de paisajes para la
interpretación de paisajes para la

Los capítulos de esta tercera parte del libro se organizan sobre la base de los dominios paisajísticos recién definidos. Dentro de estos dominios hemos seleccionado una serie de sitios o lugares que son privilegiados para la interpretación geológica y geomorfológica. La selección atiende al irremediable sesgo de los autores, sin que ello quiera decir que no existan otros lugares o contenidos merecedores de elaboración de material interpretativo como el que aquí se incluye.

Muchos de estos lugares corresponden a lo que se ha venido denominando como 'puntos de interés geológico y geomorfológico', o 'monumentos naturales' cuando quedan protegidos por alguna normativa de conservación de la Naturaleza en nuestro país. Probablemente, muchos de los aquí tratados serían merecedores de esta catalogación, al margen de los ya protegidos parques naturales de las hoces de los ríos Duratón y Riaza.

cumbres,
parameras y divisorias
de sierras



En su mayor parte, las cumbres y divisorias de las Sierras de Guadarrama y Somosierra son estrechas y planas, y de aspecto alomado. Así, exceptuando el caso de Siete Picos, La Mujer Muerta y algún otro lugar, más que a 'sierras' (montes o peñascos cortados), se asemejan a los caballones de un tejado, sólo interrumpidos por montículos (peñas y peñotas) y pequeñas hendiduras (collados). Cuando estas planicies tienen suficiente anchura (como en el caso de Los Pelados, entre los puertos de Malagosto y Navafría), es posible realizar interpretaciones sobre antiguas superficies y llanuras, en un momento en que la Sierra no existía. Tan amplia llega a ser esta superficie, que en ella aparecen zonas de drenaje deficiente, formando áreas encharcadas o navas de altura. La diferencia litológica del sustrato entre granitos y gneises apenas es perceptible en el paisaje de esta unidad, a diferencia de lo que ocurre en laderas y piedemontes.

En la Sierra de Ayllón, sin embargo, la existencia de otro tipo de rocas (esquistos, pizarras y cuarcitas), da paso a divisorias más afiladas (verdaderas 'cuerdas'), y a montículos que sobresalen en forma de 'picos'. En este sector montañoso, el menor grado de metamorfismo de las rocas hace posible la interpretación de los ambientes en que se depositaron los sedimentos originales.

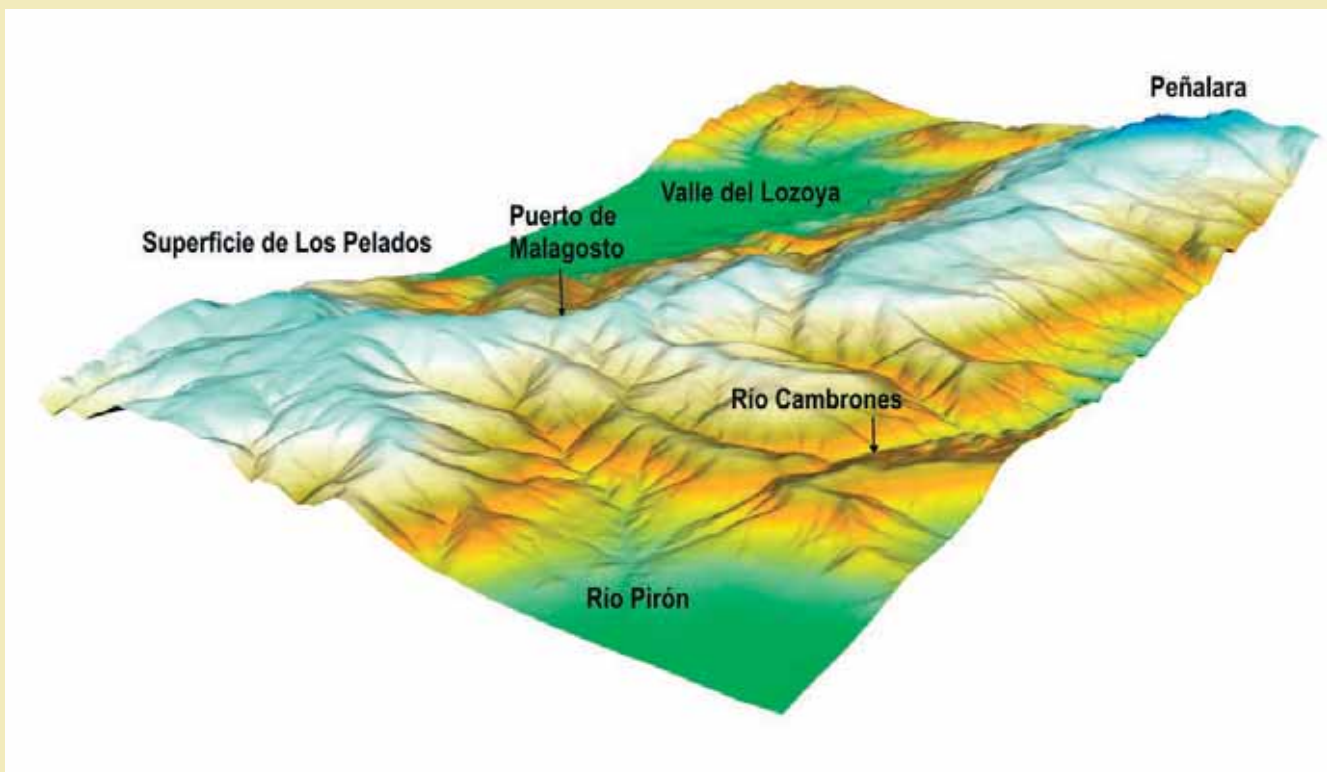
En función de su altitud, estas divisorias pueden clasificarse en dos grupos. Aquéllas que superan los 1800 m (Mujer Muerta, Peñalara, Los Pelados, La Peñota-Colgadizos, Cebollera), las cuales experimentan frecuentes heladas y nevadas (cumbres). Y otras (denominadas parameras en Gredos) con alturas entre 1400 y 1700 m (Malagón, Atalaya), donde estas acciones son más limitadas. Cumbres, parameras y divisorias están cubiertas por matorrales naturales de piorno y enebro rastrero, y su uso tradicional ha sido el de pastizales de verano.

MESETAS MÁS QUE SIERRAS: LA SUPERFICIE DE LOS PELADOS

La superficie de Los Pelados constituye el sector de la Sierra de Guadarrama en el que sus cumbres alcanzan mayor anchura: hasta siete kilómetros llega a haber entre los picos de Peñacabra, uno de sus límites por el Sur, y Saúca, su extremo más septentrional, a partir de donde descienden las laderas de la sierra hasta La Salceda. Su exagerada anchura, y su topografía extremadamente plana, constituyen rasgos que llaman poderosamente la atención de cuantos han visitado este lugar.

El tramo cimero al que nos referimos está ligeramente inclinado hacia el norte, de manera que la divisoria hidrográfica y territorial dibuja su límite sur. En la línea de esta divisoria, los límites de la superficie de Los Pelados son los puertos de Malagosto (1930 metros sobre el nivel del mar) y Navafria (1773 m).

Figura 45. Modelo Digital de Elevaciones de la Superficie de Los Pelados y su entorno.



cumbres, parameras y divisorias de sierras

Dentro de la superficie, y también en la divisoria, aparecen dos picos principales: Nevero (2209 m) y Peñacabra (2164 m).

Esta superficie, en su conjunto, tiene un alto interés científico y didáctico, en tanto: permite realizar hipótesis sobre la formación de la Sierra de Guadarrama; y posibilita la observación de un buen muestrario de formas del terreno características de ambientes fríos.

Los restos de una llanura muy antigua

Las cumbres de la Sierra de Guadarrama (en general), y las de este sector de Los Pelados (en particular) son tan planas porque formaron parte de una llanura muy antigua. La llanura a la que nos referimos habría estado formándose, por erosión, desde finales de la orogenia Hercínica (hace unos 300 millones de años) hasta el Cretácico superior (hace unos 90 millones de años), época en la

Figura 46. Vista aérea oblicua. Los regueros que cortan la superficie quedan dibujados por la nieve. En la parte inferior izquierda se sitúan las Chorreras del río Viejo (ver página 112).

(Foto: Justino Díez)



que habría quedado cubierta por ríos, y zonas marinas. Con posterioridad este gran bloque montañoso habría empezado a elevarse. La fuerza de la compresión que formó las Cordilleras Béticas y los Pirineos, se dejó sentir en el centro de la Península Ibérica, elevando el Sistema Central hasta su posición actual. Se elevaron así grandes bloques montañosos, delimitados por fallas. La Superficie de Los Pelados es la culminación de uno de esos grandes bloques, más ancho que el resto de los bloques que forman la Sierra.

Un rasgo muy destacado de esta amplia planicie cimera es la presencia de un 'manto de alteración' (alterita, regolito o grus) que la recubre. Este denominado 'manto de alteración' no es sino roca descompuesta, por acción de prolongados procesos de meteorización química, precisamente cuando se formaba la llanura a que nos hemos referido. El hecho de que sea tan ancha la culminación del bloque que se elevó ha posibilitado la conservación de este manto, que ha 'escapado' a los efectivos procesos erosivos que tienen lugar en zonas de pendientes elevadas (laderas de la sierra y sus bordes). Señalemos por último que la presencia de este manto de rocas descompuestas (que son permeables), tiene repercusiones hidrológicas muy importantes: actúa como almacén de aguas subterráneas, en buena parte procedentes de la fusión de la nieve, que son luego aportadas a los cursos y afluentes de los ríos Cega, Pirón y Viejo, los cuales mantienen en verano caudales mayores a los de otros ríos similares, precisamente por este motivo.

Formas curiosas: suelos estructurados

Entre las cabeceras de los arroyos del Chorro y de las Pozas existe un buen muestrario de distintos tipos de 'suelos estructurados', de gran interés científico y didáctico. Los suelos estructurados son 'ordenamientos' o agrupaciones de materiales de tamaños similares (en este caso de grandes bloques), que hacen aparecer distintas figuras geométricas. Evidentemente no constituyen verdaderos elementos del paisaje, y quizás por ello pueden pasar desapercibidos para el visitante. Aquí tienen forma de círculo, polígono, surco, terracillas y pavimentos (que asemejan enlosados artificiales).

Parece que el origen de todas estas 'microformas' está relacionado con las elevaciones y hundimientos a las que se ven sometidas las rocas del suelo, por la acción continuada de las heladas y los deshielos consiguientes. Estos procesos, por una parte 'agrietan' los suelos, formando roturas en forma de polígono. A partir de aquí se producen ordenamientos o agrupamientos de bloques de composición y tamaño similar, en relación con su conductividad térmica.

cumbres, parameras y divisorias de sierras

Hoyos y lomas al sur

En las cabeceras de los pocos arroyos que logran penetrar dentro de la superficie de Los Pelados, desde la vertiente segoviana, se encuentran algunos de los mejores ejemplos de geomorfología glaciar, y como tal serán descritos específicamente más adelante. Pero el hecho de que el objetivo de este libro sea la provincia de Segovia no debe impedir considerar las morfologías de origen glaciar existentes hacia el sur.

Ya hemos comentado que la divisoria entre los territorios madrileño y segoviano constituye el borde sur de la superficie de Los Pelados. Desde prácticamente cualquier punto de esta divisoria se pueden obtener unas magníficas vistas del Valle del Lozoya y de la Sierra de la Cuerda Larga, así como de algunos de los mejores ejemplos de morfologías glaciares de circo de todo el Guadarrama, los cuales reciben la denominación toponímica de 'hoyos'. A este respecto, escribía Lucas Fernández Navarro en 1915: "Si recorremos por la cumbre toda la cortina que cierra hacia el Norte el Valle (del Lozoya), desde el Puerto de Navafría hasta Peñalara, veremos repetirse un accidente topográfico, tan característico, que ha recibido de las gentes del país un nombre especial. Son los 'hoyos' (...)". (Fernández Navarro, 1915, p. 31).

Desde el puerto de Malagosto al de Navafría son visibles: Hoyo Borrocoso (al este del puerto de Malagosto); Hoyo Cerrado (al oeste del pico de Peñacabra); Hoyo de Peñacabra (al este del pico Peñacabra); Hoyos de Pinilla o El Nevero (a los pies del pico del Nevero); Hoyo Grande (a los pies del Alto del Puerto); y el pequeño circo de Las Lagunillas (muy próximo al puerto de Navafría). Desde un punto de vista didáctico, el valor de este último es enorme. No tanto por sus características intrínsecas, pues en comparación con otras morfologías glaciares del Guadarrama, ésta es más bien atípica, al situarse en plena ladera, y no ocupando una cabecera torrencial. Es su fácil accesibilidad la que le otorga este potencial interpretativo. De hecho, el área recreativa de Las Lagunillas está en el interior de lo que fue este pequeño glaciar de circo, y resulta espectacular que las laderas que 'encierran' el área recreativa sean verdaderas morrenas glaciares.

Finalmente, las divisorias que quedan entre los distintos hoyos también tienen un topónimo que se repite: son las 'lomas' o 'lomos' (Lomas del Horcajo, Lomas de Peñas Crecientes, Lomo de la Quebradura, Lomo del Regajo...).

Para saber más:

Centeno *et al.* (1983); Fernández Navarro (1915); ITGE (1991f); Sanz Herraiz (1988); Selby (1985).

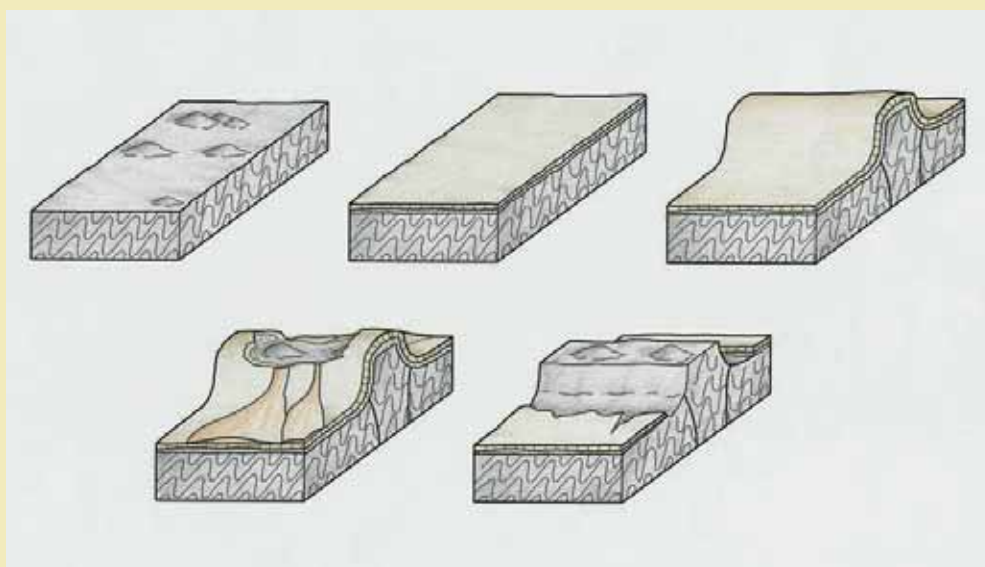
MIRADORES NATURALES: CABEZAS, CERROS, PEÑAS Y PEÑOTAS

No hay en esta cordillera profundas gargantas, estrechos desfiladeros, ni agud simos picos; sus puertos son insignificantes depresiones de la divisoria; sus altos, cumbres redondeadas y perfectamente transitables. (Bre osa y Castellarnau, 1884, p. 249-250)

De las cumbres de la Sierra de Guadarrama, de topografía más bien alomada, sobresalen unos montículos redondeados que reciben como nombres más comunes cabezas, cerros, peñas y peñotas. Estos relieves han sido definidos como 'tipo *monadnock*', denominación que procede del Monte Monadnock, en el norte de los Montes Apalaches (New Hampshire, Estados Unidos), y cuya utilización tiene una alta componente interpretativa, o genética. Así, un *monadnock* es una colina que destaca de forma notoria, pero no de manera demasiado prominente o llamativa (sino con morfología alomada), sobre una 'penillanura'. Una penillanura es 'casi una llanura', que ha llegado a esa situación habiendo sido 'desgastada' por la erosión durante un largo periodo de tiempo geológico.

Lo que se refiere como penillanuras son terrenos muy antiguos, restos de grandes cadenas montañosas que han sido profundamente erosionadas y reducidas a planicies. Y la explicación más común de por qué aparecen pequeños

Figura 47. Interpretación sobre el origen de cabezas, cerros, peñas y peñotas de la Sierra de Guadarrama. Antes de la elevación de la Sierra de Guadarrama, toda esta región constituyó una llanura, de la que destacaban pequeñas colinas, debido a la presencia de rocas más resistentes. Con posterioridad, llanura y colinas quedaron cubiertas por sedimentos. Con la elevación de los bloques de la Sierra, dichas colinas pasaron a formar cerros sobre las cumbres (actuales cabezas, cerros, peñas y peñotas).



cumbres, parameras y divisorias de sierras

cerros (*monadnocks*) sobre estas llanuras se debe a que están constituidos por rocas más resistentes a la erosión que las de su entorno, y que en un proceso generalizado de erosión de una región han 'resistido' más. Sería como cuando una madera que tiene nudos ha sido intensamente atacada por la intemperie, y los nudos sobresalen porque resisten más. En este caso, los nudos serían equivalentes a zonas con rocas más resistentes.

Como se ha explicado en el capítulo anterior a propósito de la superficie de Los Pelados, las cumbres de Guadarrama fueron llanuras con anterioridad a la formación de la Sierra. Y las colinas que sobresalían de esa llanura constituyen el origen de cabezas, cerros, peñas y peñotas sobre las cumbres (Figura 47).

El techo provincial y su morfología: la vertiente segoviana del macizo de Peñalara

El ejemplo más claro de cerro tipo *monadnock*, que se eleva sobre las cimas serranas, lo constituye el denominado 'macizo de Peñalara' (de Peña de Lara). La culminación de este macizo (Pico de Peñalara, 2428 metros), constituye el punto más alto de la Sierra de Guadarrama y de la provincia de Segovia. Teniendo en cuenta que la altura media del piedemonte entre Segovia y La Granja es de 1100 metros, obtenemos que el relieve real de Peñalara es algo

Figura 48. Vista de la cara norte de Peñalara, en la que se aprecian varios canales de avalancha. (Foto: Justino Díez)





Figura 49. Detalle de un canal de avalancha, con diques naturales y depósitos al pie del canal. (Foto: Alejandro Gaona)

más de 1300 metros, lo cual proporciona un gran atractivo visual.

Esta mayor altura de Peñalara sobre el nivel medio de las cumbres de Guadarrama (más de 2400 metros, en relación a los cerca de 2000 m de media), tiene unas repercusiones geomorfológicas y visuales inmediatas. Primero, es la causa de que todo el macizo conserve nieve mucho más tiempo que el resto de las cumbres (Figura 48). Segundo, y relacionado con lo anterior, durante las épocas más frías del Cuaternario, esa mayor permanencia de nieve hizo posible el desarrollo de los mayores glaciares de toda la Sierra de Guadarrama hacia la vertiente madrileña, dando lugar a un extraordinario conjunto de geomorfología glaciar. Que hubiera glaciares en la vertiente sur, y no en la norte, puede sorprender a primera vista, pero sucede que la vertiente madrileña está orientada en realidad hacia el Este, y la segoviana hacia el Oeste. Y sucede que las borrascas proceden en su mayoría (y procedían durante las glaciaciones) del Atlántico (Oeste), acumulando más nieve en el sotavento orientado al Este. También influye que la orientación Oeste es mucho más cálida que el Este, porque en ella incide la radiación solar del mediodía y de la tarde.

Por las razones recién expuestas, en la vertiente segoviana de Peñalara no llegaron a formarse glaciares bien definidos, lo cual contrasta con la espectacularidad de la geomorfología glaciar de la vertiente madrileña, actual Parque Natural de Peñalara. Sólo una pequeña depresión orientada hacia el norte y noreste, precisamente el último lugar del que desaparece la nieve en esta cara norte de Peñalara, constituyó un pequeño circo glaciar, en el que pueden reconocerse las paredes escarpadas del circo glaciar y unas pequeñas morrenas.

Pero la morfología más singular de esta vertiente norte del Peñalara la constituye unos 'regueros' o canales, a modo de grandes zanjas artificiales, que recorren toda la ladera y que son visibles desde lejos. La importante acumulación de nieve en esta vertiente norte ha dado lugar a sucesivos aludes y avalanchas de nieve. En algunos casos, estas avalanchas han llegado a afectar al sustrato, que es roca descompuesta, dando lugar a flujos y avalanchas de derrubios (*debris flow*), que forman los regueros o canales. Cuando se produce un flujo tan 'denso', similar a hormigón o a una colada de lava, a ambos lados del canal se forman unos diques naturales (*lev es*), que son fácilmente observables aquí. Finalmente, al pie de estos regueros aparecen unos pequeños depósitos con forma de abanico (lóbulos de derrame), donde se han acumulado los depósitos movilizados en las avalanchas (Figura 49).

Para saber más

ITGE (1991e); Palacios y Marcos (2000); Sanz Herraiz (1988).

cumbres, parameras y divisorias de sierras

COLLADOS, PUERTOS Y PASOS

Puerto de Guadarrama o el Leñ, el famoso puerto del Leñ, una elevación que me ha causado muchas dudas. Mi medición, con tiempo muy despejado y estable, dio 463 toesas sobre Madrid o bien 803 toesas sobre el mar. (...). Cuando se desciende hacia el NO de esta cadena granítica que separa como un muro a ambas Castillas, aparece en la bajada Villacastán (572 toesas) (...) (Humboldt, 1825, p.12).

Toesa: "antigua medida francesa, equivalente a 1,946 metros"

Un collado es una pequeña 'incisión', o zona más baja, dentro de la divisoria de una sierra. Los collados que han sido utilizados de manera preferente para cruzar los distintos sistemas montañosos se denominan 'pasos' o 'puertos', de manera que el término collado queda normalmente restringido a aquellas depresiones menores de las divisorias.

En las sierras de Guadarrama, Somosierra y Ayllón, la mayor parte de los collados están condicionados por la existencia de grandes fallas en el sustrato (figuras 50 y 51). Las numerosas fallas que rompen y compartimentan un macizo rocoso no aparecen distribuidas al azar, sino que adoptan unas orientaciones preferentes en función de los esfuerzos tectónicos a los que ha estado sometida dicha región. En las sierras segovianas, como parte integrante del macizo Ibérico, aparece un sistema de fracturas que tiene direcciones noroeste-sureste y nores-

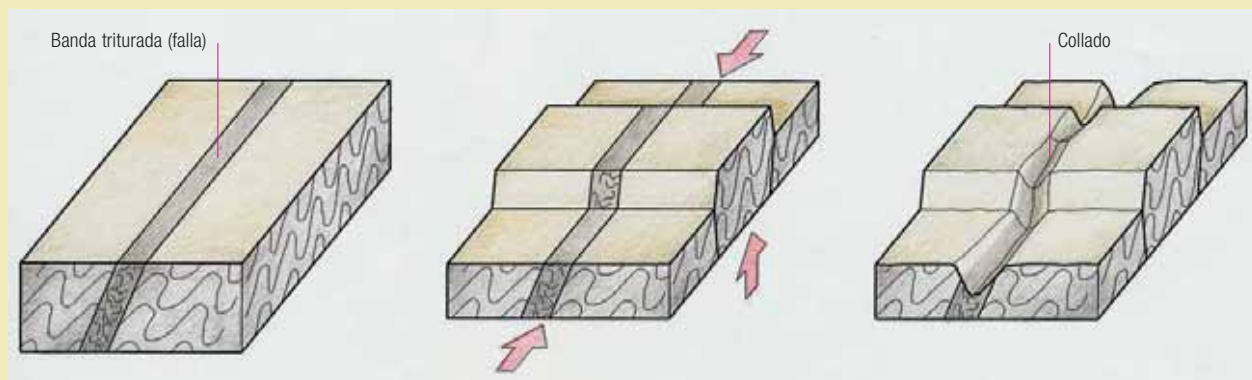


Figura 50. Formación de los collados y puertos de montaña a partir de zonas fracturadas del sustrato. En aquellas zonas donde aparecen rocas muy duras o rígidas en superficie, tal y como sucede en las sierras segovianas y sus piedemontes, las fallas se convierten en zonas de erosión preferente por ríos y arroyos. Sucede así porque en estas fallas las rocas se encuentran 'trituradas', incluso 'descompuestas'. En el Sistema Central muchas de estas fallas eran anteriores a la formación de la Sierra, de manera que al elevarse los bloques montañosos centrales, ríos y arroyos de montaña se instalaron siguiendo el trazado de esas fallas, siguiendo sentidos divergentes y formando collados.

Figura 51. El trazado marcadamente rectilíneo del arroyo de Las Pozas, en las inmediaciones de Ceguilla, denuncia la existencia de una gran falla. La prolongación hacia el Sur de este accidente condiciona la presencia del puerto de Navafría o Lozoya. (Foto A. Carrera)



cumbres, parameras y divisorias de sierras

te-suroeste, y otro menor norte-sur y este-oeste. Ejemplos de collados y puertos de montañas asociados a esas direcciones son los siguientes: (1) fallas de dirección noroeste-sureste (puertos del León o Guadarrama y Malagosto, collados del Arcipreste de Hita, del Mostajo y Lagasca); (2) fallas de dirección noreste – suroeste (puerto de La Fuenfría, collados de Tirobarra y las Lagunas); (3) fallas de dirección norte – sur (puertos de Navacerrada, Somosierra y Navafría); (4) fallas de dirección este – oeste (puertos de los Neveros y las Calderuelas, collados de la Marichiva y Cerromalejo).

Al igual que los de otros sistemas montañosos, los collados y puertos de las divisorias que van desde Malagón a Grado del Pico han jugado un papel importante en la geografía y la historia de esta región central peninsular. Respecto a la primera, los puertos principales se han utilizado como criterio para compartimentar las sierras en sectores o dominios. En el caso que nos ocupa, se distinguen frecuentemente: Somosierra-Ayllón, al este del puerto de Somosierra; Guadarrama oriental, entre el puerto de Somosierra y el puerto de Navafría; Guadarrama central, entre el puerto de Navafría y el Puerto de Guadarrama; Sierra de Malagón, al oeste del puerto de Guadarrama. Y también: Sierra de Ojos Albos, al oeste del puerto de la Cruz de Hierro, ya en la provincia de Ávila; Montes Carpetanos, entre el puerto de Somosierra y el Puerto de Cotos; Sierra de Guadarrama *sensu stricto*, entre el puerto de la Fuenfría y el de Guadarrama.

Respecto a la historia, los puertos han condicionado radicalmente el sistema de comunicaciones de toda la región centro. Por ejemplo, la menor altitud de los pasos de Somosierra y Guadarrama o El León hizo que éstos fueran tradicionalmente los más utilizados, sobre todo en invierno. Ello condicionaría finalmente el hecho de que las comunicaciones con el norte y noroeste peninsular desde Madrid atravesaran obligatoriamente esos pasos. Si el destino desde la vertiente sur era Segovia o los palacios reales de Valsaín y La Granja, entonces se utilizaba preferentemente el puerto de La Fuenfría y, desde finales del siglo XVIII, Navacerrada. Pero también Malagosto, El Reventón o Navafría, hacia y desde el Valle de Lozoya.

Además de las comunicaciones, los puertos también han condicionado la localización de poblaciones. Uno de los casos más claros es San Rafael, núcleo que debe su existencia a la presencia de lo que fue una famosa y concurridísima venta, que servía como punto de referencia en la subida o bajada al puerto de Guadarrama.

Para saber más:

Parga (1969); Pedraza (1994); Vías (2001).

CAPTURA FLUVIAL EN SOMOSIERRA: EL DURATÓN ES EL PIRATA

El río Duratón, bien conocido por sus espectaculares hoces entre Sepúlveda y Burgomillado, ofrece en su nacimiento (donde se denomina arroyo del Puerto) una localización de alto interés científico y educativo. En efecto, las inmediaciones del puerto de Somosierra constituyen un lugar privilegiado para observar un proceso natural conocido como **captura fluvial**.

Este fenómeno ocurre cuando un río erosiona su cauce de manera anormalmente rápida (en términos geológicos). Esta corriente profundiza su valle y extiende su cabecera hacia atrás, desplazando la divisoria de aguas entre este curso y otro próximo hacia el segundo. Finalmente, si el proceso continúa, el primer río (el que erosiona rápidamente, el 'pirata'), que discurre normalmente por un fondo de valle situado a menor altitud, llega a interceptar al segundo (el que erosiona más lentamente, el 'capturado'). Cuando eso ocurre, el curso capturado pasa a ceder las aguas que drena hasta ese punto al pirata. Se produce así, por decirlo de alguna manera, un gran 'trasvase' o derivación natural de agua, con importantes consecuencias. El río capturado pasa a ser afluente del pirata, y abandona la parte inferior de su antiguo curso, que puede quedar ahora como un 'valle sin río'. Este proceso puede durar cientos de miles de años.

La interpretación de los hechos

Para comprender bien lo que sucedió en el nacimiento del río Duratón tenemos que imaginarnos el relieve de este entorno con anterioridad a la captura (figura 52 A). En esta situación, las cuerdas montañosas actuales (Montes Carpetanos y Somosierra), situadas a ambos lados de la carretera, continuarían y se unirían como un enorme paredón, siguiendo una línea no muy alejada del actual límite provincial y a una altura que podemos interpretar entre los 1600 y los 1700 metros. A partir de esa situación, el Duratón habría comenzado a erosionar su cabecera de forma 'rápida', horadando el bloque montañoso hacia el Sur (figura 52 B y 52 C). Las causas por las que un río erosiona más rápidamente que otro, pudiendo dar lugar eventualmente a una captura fluvial, pueden ser variadas. En el caso del Duratón, la hipótesis más factible es que éste expandiera su valle hacia el Sur a favor del trazado de una gran falla de dirección Norte-Sur que divide la cadena montañosa aquí. El proceso es similar al descrito justo en el punto anterior, con la diferencia de que uno de los dos ríos que confluyen en el collado (el Duratón) habría erosionado aquí más rápidamente que el otro. En su retroceso hacia el Sur, penetrando en el actual territorio madrileño, la cabecera del Duratón habría llega-

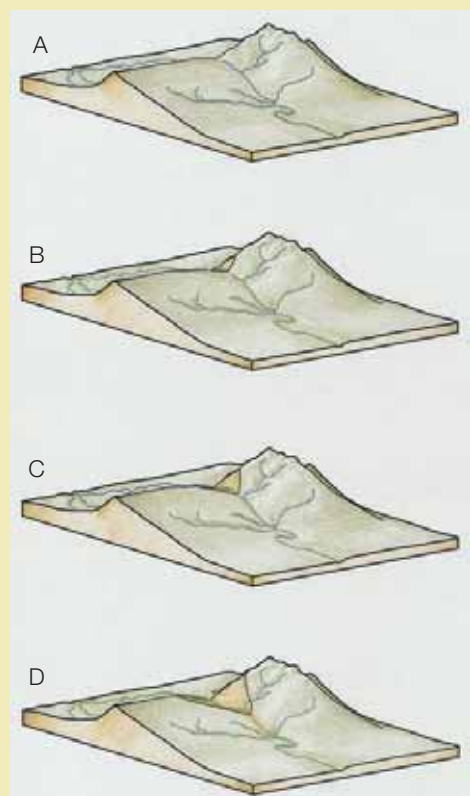


Figura 52. Evolución del proceso de captura del río Duratón al arroyo del Caño, afluente del río Madarquillos (ver texto para su interpretación).

cumbres, parameras y divisorias de sierras

do a interceptar finalmente al arroyo del Caño. A partir de este momento, las aguas del arroyo del Caño serían cedidas para siempre al Duratón, y no al Madarquillos (figura 52 D).

Las pruebas de la captura

Como si de una investigación policial se tratara, existen una serie de pruebas impresas en el relieve actual, que 'denuncian' este proceso de captura, y que son los siguientes:

- En planta, las capturas fluviales quedan normalmente indicadas por giros bruscos en la dirección del trazado de los cursos capturados. Así, el Arroyo del Caño, que en su cabecera fluye hacia el Suroeste, a partir de un determinado punto pasa a fluir hacia el Norte, dando un giro de unos 135° en sentido de las agujas del reloj (2 en la figura 53 D). Este giro anómalo en el curso de un río constituye lo que se denomina un **codo de captura**.
- Como el cauce del arroyo del Caño discurría a una altura superior a la del Duratón, en el punto de unión entre ambos aparece un desnivel brusco, que forma un pequeño salto de agua (1 en la figura 53 D). Al igual que a lo largo de estas sierras, este salto de agua recibe aquí el nombre de 'chorro', y da nombre al arroyo de la Peña del Chorro. Se supone que con el tiempo dicho salto desaparecerá, ya que la erosión fluvial atenuará esta irregularidad condicionada por la captura.
- El arroyo que nace actualmente en el puerto de Somosierra (3 en la figura 53 D), y que fluye hacia el sur en paralelo a la actual carre-

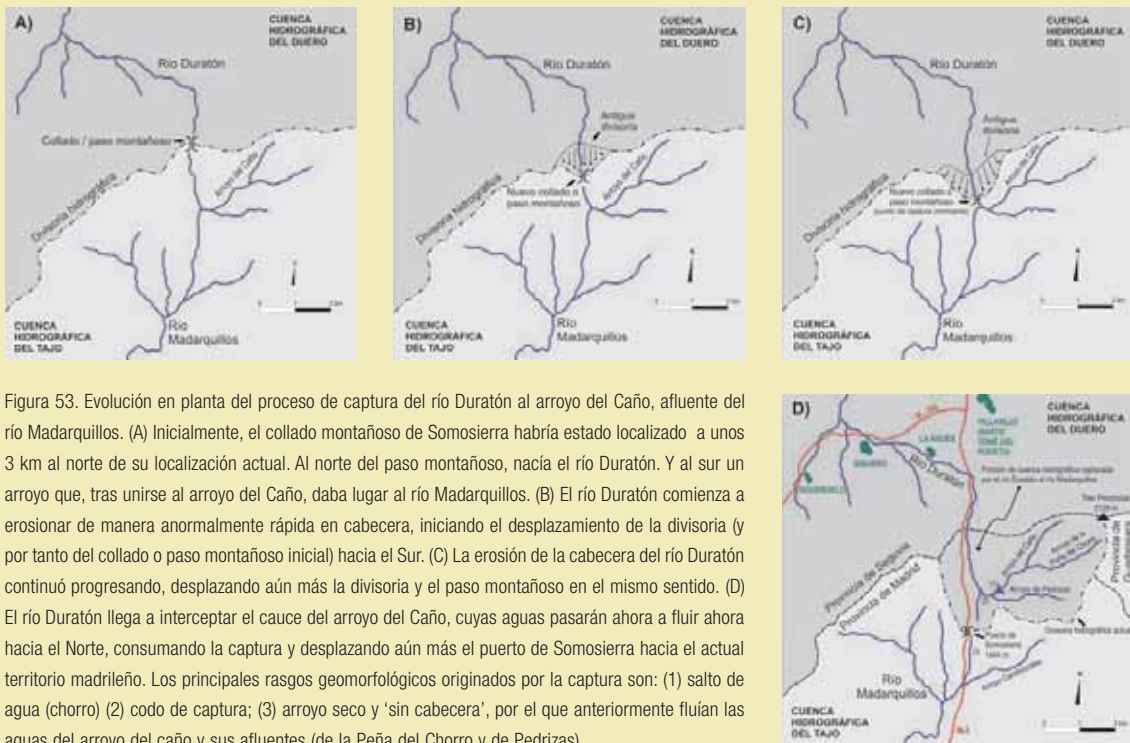


Figura 53. Evolución en planta del proceso de captura del río Duratón al arroyo del Caño, afluente del río Madarquillos. (A) Inicialmente, el collado montañoso de Somosierra habría estado localizado a unos 3 km al norte de su localización actual. Al norte del paso montañoso, nacia el río Duratón. Y al sur un arroyo que, tras unirse al arroyo del Caño, daba lugar al río Madarquillos. (B) El río Duratón comienza a erosionar de manera anormalmente rápida en cabecera, iniciando el desplazamiento de la divisoria (y por tanto del collado o paso montañoso inicial) hacia el Sur. (C) La erosión de la cabecera del río Duratón continuó progresando, desplazando aún más la divisoria y el paso montañoso en el mismo sentido. (D) El río Duratón llega a interceptar el cauce del arroyo del Caño, cuyas aguas pasarán ahora a fluir ahora hacia el Norte, consumando la captura y desplazando aún más el puerto de Somosierra hacia el actual territorio madrileño. Los principales rasgos geomorfológicos originados por la captura son: (1) salto de agua (chorro) (2) codo de captura; (3) arroyo seco y 'sin cabecera', por el que anteriormente fluían las aguas del arroyo del caño y sus afluentes (de la Peña del Chorro y de Pedrizas).

tera N-I, está ahora seco (mientras que con anterioridad a la captura fluían por él las aguas de los arroyos del Caño y la de sus afluentes).

Las consecuencias

Los procesos de captura fluvial son relativamente comunes en pequeños regueros y barrancos, pero menos frecuentes entre ríos de cierta entidad. Si además este proceso ocurre en una divisoria hidrográfica principal, como sucede en este caso, los efectos son más llamativos. Y de hecho, las repercusiones que para las actividades humanas ha tenido este proceso son significativas. Así:

- El hecho de que el río Duratón haya podido 'romper' la barrera de la sierra, extendiendo su cabecera hacia el Sur, ha condicionado que el puerto de Somosierra (1444 m) sea el paso natural con menor altitud de un amplísimo sector del Sistema Central, lo que ha facilitado las comunicaciones de Madrid con el norte peninsular por este corredor.

- La división provincial de 1833 utilizó la divisoria de aguas como criterio principal para establecer el límite entre las provincias de Madrid y Segovia; sin embargo, el 'problema' geomorfológico que planteaba la captura que describimos complicó la situación en este punto. Ello hace que en este entorno varíe la relación que existe entre 'divisoria hidrográfica' (del Duero y el Tajo), y los límites 'provincial' (Segovia y Madrid) y 'regional' (Castilla y León y Madrid).

- El Duratón le ha robado un total de once kilómetros cuadrados de cuenca hidrográfica al Madarquillos. Dicho de otra manera: con anterioridad a la captura fluvial que estamos describiendo, el agua que fluía por el arroyo del Caño iba a parar al Tajo, mientras que ahora lo hace al Duero.

- La captura ha ocasionado que el valle situado al norte del puerto de Somosierra se caracterice por unas pendientes escarpadas, típicas del retroceso de una cabecera fluvial (figura 54). En este sentido, Julio Vías (2001) comenta un aspecto realmente interesante: la primera denominación conocida del puerto de Somosierra aparece en un antiguo documento árabe del siglo X, en el cual se le denomina *Fayy al-Sarrat*, cuyo significado literal equivaldría a 'Abertura de la Sierra', que en este caso tiene aspecto de verdadero 'tajo'. Estas laderas escarpadas, condicionadas por la captura fluvial, constituyeron el principal obstáculo orográfico que tuvo que afrontar la Caballería Polaca, al mando de Napoleón, en la famosa batalla de Somosierra, la mañana del 30 de noviembre de 1808. La dificultad estribaba tanto en superar las zonas escarpadas, como en el hecho de que éstas podían ser defendidas desde posiciones topográficamente favorables.

Figura 54. Fotografía aérea oblicua que muestra la entalladura o tajo, con forma de cuña, producida por la erosión del río Duratón.

(Foto: Justino Díez)

Para saber más: Martín Duque (1997); Vías (2001); Vidal Box (1943).

cumbres, parameras y divisorias de sierras



laderas
de sierras



La estructura geológica de las sierras segovianas, formadas por grandes bloques montañosos rígidos, elevados a partir de fallas, condiciona una estructura topográfica sencilla. Sus laderas se manifiestan como una serie de escarpes, más o menos continuos, que enlazan los piedemontes con las cumbres y parameras, elevándose una media de 1000 metros sobre los primeros. Dichas laderas son pues bastante homogéneas, y únicamente están interrumpidas por arroyos que apenas han excavado valles. Ese patrón sólo se complica cuando la zona montañosa está constituida por más de un bloque, separado por alguna falla principal. En este caso los valles son gargantas interiores al dominio montañoso, con perfil en V muy marcado. Los mejores ejemplos de la Provincia de este tipo de gargantas lo constituyen El Alto Moros y el río Cambrones.

Dependiendo del tipo de rocas que formen el sustrato, las laderas serranas muestran una topografía y unos terrenos distintos. Las laderas graníticas poseen formas de textura más rugosa, con más afloramientos rocosos. Un magnífico ejemplo podemos encontrarlo en la Peña del Hombre, en Otero de Herreros. Las laderas sobre gneises tienen una configuración mucho más homogénea, con vertientes rectilíneas, como por ejemplo en Collado Hermoso. Si las laderas de las sierras están desarrolladas sobre pizarras y esquistos, con intercalaciones de cuarcitas, éstas muestran unos rasgos distintivos en el paisaje. Precisamente la presencia dominante de pizarras es la que otorga un carácter propio al Sistema Central al Este de las proximidades del Pico Cebollera. Comparada con los rasgos topográficos homogéneos y suaves de las sierras de Guadarrama y Somosierra (con sustrato de granitos y gneises), la Sierra de Ayllón muestra una orografía mucho más rugosa e intrincada, que se traduce en unas características ecológicas y visuales más diversas.

Con independencia del sustrato rocoso, toda una serie de elementos geomorfológicos se superponen a estas laderas: gargantas y torrenteras, canchales y/o pedreras, recubrimientos, o pequeños circos glaciares y sus correspondientes morrenas. En este último caso, de gran valor científico y didáctico.

¿HUBO GLACIARES EN SEGOVIA? RESTOS DE LA 'EDAD DE HIELO' EN NAVAFRÍA Y SOMOSIERRA



Figura 55. Ilustración incluida en la publicación del año 1925, titulada *El glaciar cuaternario de tipo pirenaico de La Buitrera, Riaza (Segovia)*, de Francisco Hernández Pacheco, mostrando el corte producido por la erosión de un torrente sobre una de las morrenas del antiguo glaciar (ver ilustraciones de la página 107).

“Y el hecho de que los glaciares de Guadarrama sean miniaturas, valga el vocablo, en las cuales no olvidó la Naturaleza ningún detalle importante, se presta muy bien a otra muy estimable consideración que nos hemos de permitir: tal es, la importancia didáctica que de los mismos hechos se puede sacar partido, para la enseñanza de visu, de los glaciares cuaternarios, y con ellos, mejor dicho, por sus huellas, darse cabal cuenta de lo que es un glaciar actual. Y esto en todo tiempo del año y a menos de seis horas (sic) de Madrid.” (Obermaier y Carandell, 1917, p.17)

Contrariamente a lo que se pueda pensar, la superficie de la Tierra ha estado libre de hielos durante la mayor parte de su Historia. A las épocas en las que existen glaciares en el Planeta se las denomina 'glaciaciones', tal y como sucede hoy en día. Actualmente, el 10 % de la superficie continental está cubierta por hielo. La Antártida o Groenlandia están sepultados por imponentes masas heladas, al tiempo que grandes glaciares rellenan valles enteros en las principales cadenas montañosas del mundo.

Dentro de esta glaciación cuaternaria, en la que todavía nos encontramos, los periodos de avance y retroceso relativo de los hielos se han repetido varias veces. Son, respectivamente, periodos glaciares e interglaciares. El momento actual constituye un periodo interglaciar. Sin embargo, hace tan sólo 25.000 años (en la denominada Edad de Hielo), grandes masas heladas cubrían hasta un 30 % de la superficie total de los continentes. Y los lugares donde hoy se asientan ciudades como Nueva York, Copenhague o Edimburgo estaban cubiertos por glaciares de cientos de metros de espesor. En esa época, el hielo rellenaba la práctica totalidad de los valles de los cercanos Alpes, y en la península Ibérica existieron lenguas de hielo en Pirineos, Cordillera Cantábrica, Montes de León, Sistema Central, Sierra Nevada, y en menor medida, en algunas zonas del Sistema Ibérico.

Segovia en el contexto de la última glaciación

En ese mismo periodo que venimos describiendo, en las sierras de Guadarrama, Somosierra y Ayllón (como partes del Sistema Central), también existieron glaciares, si bien pocos y bastante reducidos en comparación, por ejemplo, con los de la vecina Sierra de Gredos. Dentro de esas sierras, en lo que actualmente es la provincia de Segovia, hubo dos variedades de los denominados glaciares 'de montaña': de circo y nichos. Los **glaciares de circo** (tradicionalmente denominados 'pirenaicos') fueron pequeñas masas de hielo que ocupaban depresiones en forma de anfiteatro, normalmente cabeceras de valles fluviales y torrenciales. Las

laderas de sierras

masas de hielo, por tanto, no fueron lo suficientemente grandes como para fluir, y formar **glaciares de valle** (también denominados 'alpinos').

Con la excepción del pequeño circo glaciar de la cara norte de Peñalara, ya descrito en el quinto capítulo, existen dos áreas dentro de la provincia de Segovia donde hubo verdaderos glaciares de circo: La Superficie de Los Pelados, entre los puertos de Navafría y Malagosto, y el entorno de los picos de El Lobo y Tres Provincias (Cebollera), al Este del puerto de Somosierra.

Las huellas del hielo

Circos glaciares y morrenas constituyen las formas del terreno más características que dejaron los pequeños glaciares que existieron en la provincia de Segovia. Un **circo glaciar** constituye la zona donde se produce, o produjo, la acumulación de nieve y su transformación en hielo. Una vez formado, en su movimiento lateral abajo, el hielo glaciar desgasta y arranca fragmentos de roca de su lecho y de las paredes del circo. Para ser más precisos, el desgaste no lo ejerce el hielo (mucho más blando que las rocas), sino los fragmentos de roca que transporta. El proceso es similar al que produce rascar con un papel de lija (equivalente al hielo con fragmentos de roca) una superficie dura (equivalente al lecho, circo o valle). Este proceso abrasivo produce en las rocas: **pulidos** (superficies muy lisas y brillantes), y **estrías** (pequeñas incisiones o canales). En el interior de los circos glaciares se suelen reconocer además pequeños escalones, denominados **umbrales**. Se trata de zonas que constituían irregularidades, o localizaciones con rocas más difícilmente erosionables por el hielo, que aparecen ahora como resaltes rocosos. Cuando el hielo se encontraba con estos resaltes se agrietaba, formando lo que se denominan **seracs**. Una vez retirado el hielo, detrás de estos umbrales suelen quedar unas pequeñas cubetas, que ahora forman lagunas o praderas. En conjunto, los circos constituyen las cabeceras de las cuencas fluviales, y tienen una morfología de medio cuenco, o anfiteatro, en algunos casos limitado por crestas, picos o aristas.

Las **morrenas** son las principales formas de sedimentación glaciar. Se trata de acumulaciones de materiales (denominados *till*), que el visitante de las localizaciones que luego describiremos podrá caracterizar por: (a) estar formados por fragmentos de rocas y sedimentos de tamaños muy distintos; (b) su falta de estructura o estratificación; (c) su naturaleza variada, ya que en realidad, pueden aparecer aquí todos los tipos de rocas existentes atravesados por el glaciar (y algunos bloques y cantos podrían tener pulidos y estrías, debidas al transporte glaciar); (d) la forma angulosa (no redondeada) de los bloques, ya que han sufrido poco desgaste (a diferencia de, por ejemplo, si los transporta un río).

Glaciares cerca de Navafría: La Superficie de Los Pelados



Figura 56. Esta depresión cercana al puerto de Navafría, cabecera del arroyo de Las Pozas, constituyó una lengua de hielo de más de 1100 metros de longitud y aproximadamente 100 metros de espesor. Hace sólo 25.000 años. (Foto: J.F. Martín Duque).

Las cabeceras de los pequeños valles que recortan la altiplanicie de Los Pelados, ya descrita con anterioridad, estuvieron parcialmente cubiertos por hielo hace unos 25.000 años. Lo suficiente como para formar pequeños glaciares de circo, pero no tanto como para desarrollar el típico paisaje alpino que el lector quiere imaginarse, con picos y cresterías entre las cabeceras de circos, valles excavados con perfil en forma de U, y lagos que salpican el interior de valles y circos.

Los mejores ejemplos de morfologías originadas por glaciares de circo en este entorno se desarrollaron al sur de Los Pelados, todos ellos en la Comunidad de Madrid, donde reciben la denominación común de 'hoyos'. Ciñéndonos a la porción segoviana de esta superficie, señalemos que existieron un total de cinco cabeceras glaciares. Tres de ellas conservan restos de morrenas, que corresponden a los antiguos glaciares de Las Pozas, del Chorro y de Romalo Pelao, en los cuales pueden reconocerse relativamente bien las formas de circo y restos de morrenas. Dentro de estos circos existen escasos pulidos y estrías, y pequeños resaltes a modo de umbrales, coincidentes con las rocas más duras del Guadarrama (leucogneises). Las morrenas, salvo en el caso de Las Pozas (Figura 56), son pequeños restos, suficientes para su identificación, pero sin formar arcos bien definidos como los de la vertiente sur. Los otros dos (Peñacabra y el Artiñuelo) tienen morfología de circo, con signos de excavación del hielo y pulidos, pero no se observa depósito alguno de morrenas, probablemente porque se hayan erosionado.

Los glaciares de La Pinilla y Tres Provincias

Entre los puertos de Somosierra y la Quesera, en el entorno de los Picos de El Lobo y Tres Provincias (o Cebollera), se sitúa la segunda zona de la Provincia con restos de geomorfología glacial. En este entorno montañoso influyen más que en Guadarrama los vientos del Noreste (muy fríos, procedentes del continente euroasiático). Estos vientos dan lugar en invierno a grandes nevadas en el norte de la Península, y su influencia se deja sentir en el noreste provincial. También actualmente, en verano, las tormentas y las nieblas son más abundantes aquí que en Guadarrama. Como se supone que la circulación de vientos no ha variado sustancialmente en los últimos miles de años, ésta sería una de las razones por las que en épocas más frías existió aquí una mayor acumulación de nieve en invierno (y una menor fusión en verano), llegando a formarse glaciares de cierta entidad.

El primero de ellos fue el de Cebollera. Se trata de un magnífico conjunto de morfología glacial, con un circo característico, y unas imponentes morrenas de

laderas de sierras

más de 40 metros de altura. Visto sobre un mapa, “la planta de la cuenca glaciar, orientada a 60°, tiene forma de triángulo agudo” (Fränzle, 1978, p. 225). Otra característica interesante de esta localización es la presencia de una pequeña zona pantanosa en el interior del circo, que rellena una cubeta de sobreexcavación típica, situada al pie de la pared del circo.

El segundo, el glaciar que existió en las proximidades de la actual estación de esquí de La Pinilla, fue el mayor de toda la provincia de Segovia. Es éste un conjunto de morfología glaciar realmente espectacular, sólo comparable en toda la región de Guadarrama, Somosierra y Ayllón al de Peñalara. Y por qué no decirlo, la preservación de la geomorfología glaciar de este segundo motivó su reconocimiento como Sitio Natural de Interés Nacional en 1930, y su declaración en 1990 como Parque Natural de la Cumbre, Circo y Lagunas de Peñalara.

Lo que fue el circo glaciar de La Pinilla está delimitado actualmente por crestas, picos y aristas, configurando sin duda el paisaje más ‘alpino’ de toda la provincia de Segovia. En las paredes de este circo no se reconocen bien estrías, dado que las rocas que lo componen, esquistos, no son muy resistentes, y las estrías tienden a formarse y a conservarse mejor en rocas más duras, como granitos o gneises. Sin embargo sí que se observa un ‘desgaste’ generalizado, denominado ‘pulido’ o ‘pulimentado’. En este complejo glaciar se reconocen además dos arcos de morrenas principales. El inferior se sitúa por debajo de las instalaciones más elevadas de la estación de esquí, entre 1800 y 1600 m de altitud (figura 57), y el superior entre los 1800 y 1900 m.

El estudio en campo y a través de fotografías aéreas de los restos dejados por el hielo glaciar, su comparación con zonas en las que actualmente existen glaciares similares, y el estado de conocimientos actual sobre el glaciario a nivel regional, permiten realizar una interpretación sobre la evolución glaciar que debió existir en esta zona, así como el aspecto que debió tener el paisaje en cada fase (figura 58).

Nichos glaciares

Los nichos glaciares fueron pequeñas acumulaciones de hielo, situadas al pie de paredes escarpadas o dentro de pequeñas depresiones, con poca capacidad para erosionar. Un buen ejemplo de lo que fue un nicho glaciar aparece entre los cerros Minguete y Montón de Trigo, en los denominados Corrales de Majada Minguete. En esta ladera existe una especie de cuenco, el cual estuvo ocupado por hielo en el mismo periodo de tiempo en que existieron glaciares en otros puntos del



Figura 57. El criterio más claro para la identificación de morrenas, que permiten deducir la existencia de antiguos glaciares, es la presencia de materiales muy heterogéneos formando un montículo alargado, acabado en cresta, como el que muestra la fotografía. Morrena terminal del glaciar de La Pinilla. (Foto J.F. Martín Duque)

Sistema Central. A pesar de su escasa capacidad erosiva y para sedimentar, este nicho glaciar formó una pequeña morrena en su ladera derecha, identificable por constituir ahora una pequeña colina alargada en el sentido de la pendiente de la ladera. Los materiales que forman la morrena, una masa de derrubios, o 'escombros', de distintos tamaños y sin estratificación alguna, pueden observarse allí donde ésta se cruza con el camino empedrado que sube al Puerto de la Fuenfría. Otros ejemplos de pequeños nichos del Guadarrama Central aparecen en el corral de Dos Hermanas y cerca del Collado de la Flecha.

Turberas

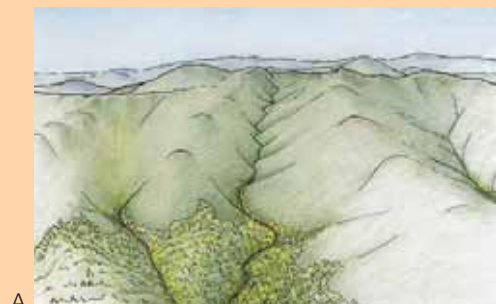
La sobreexcavación que produjeron glaciares como el de La Pinilla dio lugar, una vez retirados los hielos, a la formación de pequeñas lagunas. El relleno progresivo de estas lagunas formó pequeñas depresiones de carácter encharcadizo. En estas zonas se establecieron especies vegetales que produjeron abundantes restos orgánicos. A esto hay que añadir el estancamiento de las aguas que se produce en las depresiones, dando lugar a medios 'anaerobios' (con falta de oxígeno). Dado que la mayoría de las bacterias que descomponen la materia orgánica son 'aerobias' (necesitan oxígeno), tuvo lugar aquí un mayor aporte de restos vegetales al suelo que el que las bacterias descomponían, produciéndose una transformación parcial de la materia orgánica en turba (y de ahí el nombre de turbera).

En definitiva, bajo turberas como la de La Pinilla se ocultan antiguos lagos glaciares, en los cuales se acumularon sedimentos, y restos de flora y fauna. Por ello, estos ambientes constituyen inmejorables archivos de información sobre ambientes del pasado, puesto que nos ofrecen un registro casi continuo de los cambios que han sufrido los ecosistemas y el clima a lo largo de los últimos miles de años.

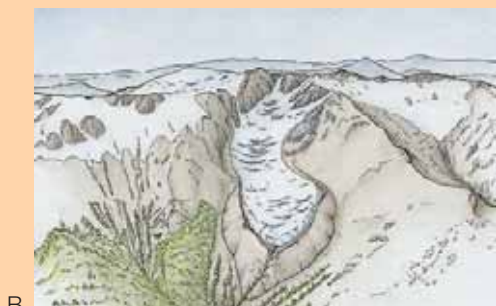
Para saber más

Bullón (1988); Centeno *et al.* (1983); Fränzle (1978); Hernández-Pacheco (1925); Ibáñez *et al.* (1985); Jiménez *et al.* (1985); Martín Duque (1992); Pedraza *et al.* (1996); Sanz Herraiz (1977); Sanz Herraiz (1988); Vielva *et al.* (2004).

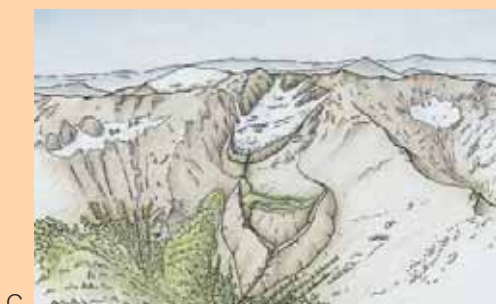
laderas de sierras



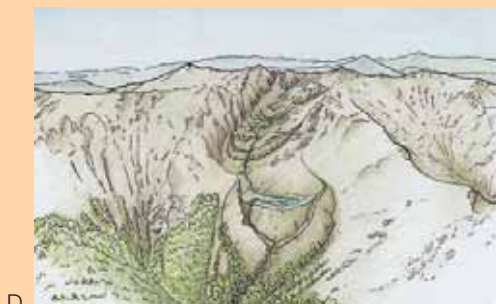
A



B



C



D

Figura 58. Evolución del glaciar que ocupó el entorno de La Pinilla.

A – Con anterioridad a la presencia de hielo glaciar en esta zona, el valle del arroyo Serrano y el relieve de todo el entorno tenían un aspecto más alomado que en la actualidad.

B – Durante el periodo de máxima glaciación la nieve se conservaba todo el año en estas cumbres, en especial en la hoya del Pico del Lobo, dada su orientación norte y su gran inclinación. Se formó así una imponente lengua de hielo de más de un kilómetro de longitud, que partía desde unos 2050 m de altitud y bajaba hasta cerca de los 1600 m. Las irregularidades del terreno por debajo del glaciar hicieron que el hielo se adaptara a esa topografía, formando escalones y agrietamientos (*seracs*). Al final de la masa helada se formó una importante morrena frontal o terminal.

C – La existencia de una segunda morrena con forma de arco, por encima de la anterior, indica que el glaciar retrocedió primero, y que luego quedó estable en esta posición durante un periodo de tiempo. La sobreexcavación que produjo el hielo entre los dos arcos de morrenas originó una depresión. Una vez retirado el hielo, ésta se rellenó por agua, formando una pequeña laguna.

D – Una vez desaparecidos los hielos, la morrena más elevada quedó al descubierto, así como el circo glaciar. Y dentro de éste, una serie de pequeños ‘umbrales’, escalones escarpados producidos por distinta erosión del lecho (debido a distinta resistencia de la roca).

E – Situación actual. El relleno progresivo de la laguna ha dado lugar a una zona de praderas, que se encharca estacionalmente. Las morrenas están erosionadas en parte por la acción torrencial. Todo el entorno aparece muy transformado y modificado por la estación de esquí. Actuaciones de restauración ecológica como las llevadas a cabo en el Parque Natural de Peñalara podrían ser replicadas en este espacio. (Foto: Justino Diez)



E

CHORROS, CHORRERAS Y CHORRANCAS

Los rápidos, cascadas y cataratas se encuentran entre los elementos geomorfológicos con mayor valor paisajístico y mayor atractivo turístico. Un **rápido** es el reflejo de una irregularidad, o de un cambio de pendiente menor, en un curso fluvial. Una **cascada**, o **salto de agua**, es aquel lugar en el cual una corriente cae de manera más o menos vertical, desde una cierta altura, debido a un desnivel existente en el cauce. Finalmente, una **catarata** es la sucesión escalonada de varias cascadas.

Como el lector sin duda ya sabrá, en la provincia de Segovia no existe nada parecido a las cataratas del Niágara, Iguazú, Victoria o el Salto Ángel, pero sí numerosos rápidos y saltos de agua de gran interés. En ambos casos, se trata de singularidades naturales que son características de los cauces que circulan directamente sobre rocas (a diferencia de los ríos que circulan sobre amplias llanuras de sedimentos). También son más comunes en los tramos altos o cabeceras de ríos y arroyos, situados en el dominio de las sierras; pero no exclusivos, ya que también aparecen en los tramos fluviales que atraviesan los macizos de Santa María y Zarzuela del Pinar.

Los rápidos son muy numerosos a lo largo de los cauces de los torrentes serranos segovianos. Los saltos de agua o cascadas, conocidos popularmente aquí como **chorros**, **chorreras** y **chorrancas**, son más escasos y constituyen algunos de los lugares más atractivos de la Provincia. Entre ellos vamos a destacar aquí cuatro localizaciones: El Chorro (arroyo del Chorro, Navafría), las Chorreras (nacimiento del río Viejo, Collado Hermoso), el Chorro Grande (en el arroyo del mismo nombre, en Palazuelos de Eresma), y Las Chorrancas (arroyo de La Chorranca, San Ildefonso). En todo caso, hay alguno más de características y toponimia similar: el Chorro Chico en Palazuelos de Eresma, Las Chorrancas en la Sierra del Quintanar (El Espinar) y otra en El Muyo.

El Chorro de Navafría

A poco más de un kilómetro del Área Recreativa El Chorro, al cual da nombre, aparece este formidable salto de agua de más de 30 metros de altura en su tramo final. Esta morfología singular se origina cuando el arroyo del Chorro atraviesa una banda de rocas más resistentes a ser erosionadas que las de su entorno (figura 59). Pero si la diferente dureza de las rocas explica el salto, su estructura controla el aspecto del chorro en detalle: una corriente que se desliza por unas superficies rocosas lisas, paralelas entre sí, a modo de tobogán (figura 60).

Otro aspecto destacado del Chorro de Navafría es la presencia de una sucesión escalonada de pequeñas cascadas y pozas en su parte superior. La formación

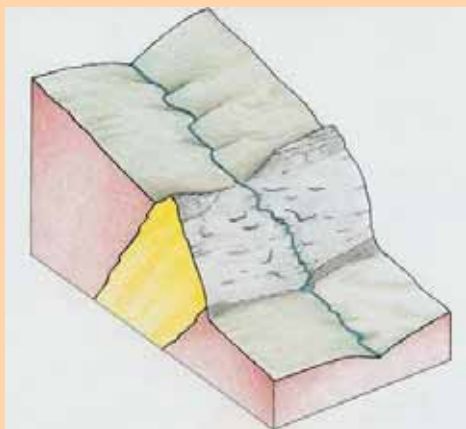
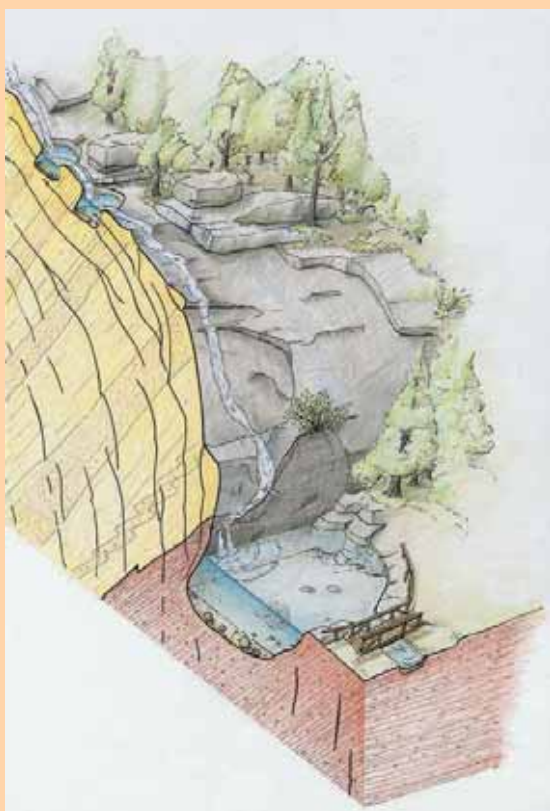


Figura 59. En el tramo anterior al salto del agua, el arroyo del Chorro discurre sobre gneises glandulares (en rojizo), sobre los que ejerce una erosión uniforme y excava un valle en forma de V abierta. Al llegar a la banda de rocas más claras y resistentes (rocas que reciben el nombre de leucogneises, en amarillo), prácticamente perpendicular al arroyo, la erosión es menor, y éste apenas se encaja. Finalmente, superada la banda de estas rocas duras, el río vuelve a discurre sobre gneises glandulares, donde ha podido ejercer una mayor erosión. Es precisamente en el paso de material más duro al más blando donde se forma el escalón natural que la corriente tiene que salvar, originando el chorro.

laderas de sierras



A



B

Figura 60. (A) La banda de gneises claros causante de la formación del chorro presenta un conjunto de discontinuidades (diaclasas) que son prácticamente paralelas a la superficie del terreno: casi horizontales en la parte superior, curvas en el tramo medio, y verticales en el tramo final. Estas discontinuidades compartimentan el conjunto rocoso en una serie de planchas, lascas o losas, similares a las capas de una cebolla. Este tipo de estructura, denominada lamamiento o exfoliación, es típica de las rocas graníticas, pero también aparece en muchas bandas de leucogneises del Guadarrama. El dibujo muestra además la estructura interna de las rocas, llamada foliación, originada como consecuencia de su deformación metamórfica, la cual prácticamente no tiene repercusión en la forma del chorro. Finalmente, el esquema incluye la poza que aparece al pie del salto de agua que, aunque modificada artificialmente en sus bordes, tiene inicialmente un origen natural. La formación de pozas al pie de saltos de agua es común, ya que los movimientos turbillonares del agua y los materiales que arrastra tienen una energía máxima en este punto. (B) Detalle del tramo final del Chorro de Navarria. A diferencia de lo que sucede de manera más común en la sierra, donde ríos y arroyos se encajan formando valles con forma de V, la erosión actual del chorro no hace sino 'arrancar' planchas o lascas, pasando así a deslizarse por otras inferiores, pero manteniendo siempre el aspecto de superficies rocosas lisas paralelas a la topografía del terreno. (Foto: J.F. Martín Duque)



Figura 61. Salto de agua en el barranco de las Chorrancas, en la vertiente sur de la Sierra de Quintanar. (Foto: J.F. Martín Duque)

de estas morfologías se describe en detalle en la página 117, y su aparición aquí es típica, ya que los procesos que determinan la formación de estas ‘marmitas de gigante’, los movimientos turbillonares de los materiales que arrastra el agua, son realmente efectivos al pie de cualquier salto de agua, donde se produce una turbulencia máxima. Se forman así las denominadas **pozas de caída, pozas sumergidas o pozas a pie de cascada**.

La presencia de leucogneises en este entorno, y su mayor resistencia a ser erosionados, tiene también su reflejo en las laderas situadas justo por encima (y a ambos lados) del Chorro, controlando la aparición de resaltes y escarpes rocosos que sobresalen de las laderas cubiertas por el pinar. Alguno de estos resaltes presenta llamativas formas acastilladas, como bien refleja el topónimo de una de ellas: Castillejo Encimero. Por su posición más elevada sobre su entorno inmediato, los resaltes rocosos que forman estos ‘leucogneises’ constituyen puntos de observación óptimos, y no es casualidad que uno de estos promontorios haya condicionado la ubicación de un mirador natural (el Mirador de las Cebedillas). Desde este punto se obtiene una magnífica visión de la confluencia del Arroyo del Chorro y del Artiñuelo (punto a partir del cual el río Cega adquiere su nombre), y del piedemonte de Navafría.

Chorros, pozas, pedreras y escarpes rocosos con formas acastilladas, configuran en esta localización un entorno de gran interés educativo, recreativo y científico.

El Chorro Grande (Palazuelos de Eresma)

Situado en las inmediaciones de La Granja, aunque incluido en el término municipal de Palazuelos de Eresma, el origen de este salto de agua se debe también a la aparición de rocas muy duras y resistentes en el cauce del arroyo que lo forma. En concreto, la mayor parte de resaltes rocosos que existen en el entorno del Chorro están constituidos por unos gneises muy claros, con mucho contenido en cuarzo y feldespato, y que son muy resistentes a la erosión. Estos gneises ofrecen de nuevo unas superficies curvas de exfoliación y lamamiento, similares a las que se desarrollan en granitos, de modo que existe una gran similitud de formas entre el tramo superior de este Chorro y las que podrían aparecer en un pequeño domo granítico: grandes lanchas curvas, bloques y formas acastilladas sobre las lanchas, etc. Sin embargo, este salto presenta una singularidad con respecto al resto de los que vamos a describir, que es causa de su mayor prominencia visual (figura 62). Nos referimos a la presencia de una masa importante de aplitas (un tipo de granito muy claro, con granos minerales muy pequeños, y muy resistente a ser erosionado) en la margen derecha de la cascada. Esta masa rocosa forma una ladera típica de domos graníticos de exfo-

laderas de sierras



Figura 62. El arroyo del Chorro Grande nace en una amplia planicie situada, a modo de escalón, por debajo de las cumbres del pico del Nevero. Tras atravesar esta planicie, el citado arroyo comienza a descender entre lanchas de rocas gneísicas, precipitándose en vertical en su tramo final. Se forma así la cascada más espectacular y visitada de la vertiente norte del Guadarrama. (Foto: Justino Díez)

liación, y el hecho de que localmente se la conozca como La Panza es bien ilustrativo.

Las Chorrancas (San Ildefonso – La Granja)

La identificación toponímica de este salto de agua es de nuevo inequívoca, ya que da nombre a la corriente que lo forma (arroyo de La Chorranca) y a los resaltes rocosos próximos al chorro (Peñas de la Chorranca). Posee características similares a los anteriores, con pocas variaciones al esquema casi general que venimos describiendo para las pequeñas cascadas del Guadarrama norte. En concreto, muestra bastantes similitudes con el Chorro de Navafría. Al igual que en aquél, el arroyo de la Chorranca discurre desde su nacimiento sobre gneises glandulares, que en términos generales son rocas bastante resistentes a ser erosionadas por un río, y en los cuales logra excavar un pequeño valle. Pero si los gneises

glandulares son rocas duras, aún lo son más los leucogneises que tiene que atravesar unos dos kilómetros más abajo de su nacimiento. Dada su dureza, cuando el arroyo pasa a circular sobre estas rocas apenas puede erosionarlas, y forma una pequeña planicie, atravesada por la pista que sube desde la Silla del Rey. Como sucede en Navafría, cuando el arroyo sale de estas rocas y discurre de nuevo sobre gneises glandulares, es capaz de erosionarlos en mayor medida, formando un escalón natural en la zona de contacto entre los dos tipos de rocas. Este escalón es el que tiene que salvar el arroyo. En el tramo superior lo hace en una sucesión de pequeños saltos, después con una caída casi vertical, y finalmente en otro escalón menor (figura 64). Las similitudes con el Chorro de Navafría no acaban aquí, ya que también en esta localización aparecen formas acastilladas a ambos lados de la cascada.

Las Chorreras del Arroyo Viejo

También en la cabecera del arroyo Viejo, en el término municipal de Collado Hermoso, aparecen chorreros. A diferencia de los anteriores no hay aquí un salto destacado, de varios metros de altura, sino un conjunto de pequeños toboganes, saltos y pozas (figura 63). De modo preciso, los saltos coinciden con la presencia de unos gneises muy claros, con alto contenido en cuarzo y feldespato, que a su vez tienen intercalados pequeños diques de aplita. Al igual que en los ejemplos descritos, estos gneises claros son mucho más resistentes a ser erosionados que las rocas de su entorno: gneises glandulares, que además tienen aquí más contenido en el mineral biotita de lo normal (y sucede que cuanto más biotita tienen unos gneises glandulares, son menos resistentes a la meteorización y a la erosión). También aquí las bandas de gneises más claros se disponen con una orientación casi transversal al curso del río, lo que obliga a éste a formar una serie de escalones en su cauce. De manera concreta aparecen tres bandas de leucogneises: una inferior, atravesada por el río entre los 1600 y 1650 metros, que configura el mayor conjunto de saltos, pozas y toboganes; una segunda en torno a 1750 m, con menor densidad de saltos y pozas, que es salvada por el río mediante un estrechísimo 'tajo' (y que condiciona la confluencia del arroyo del Hoyo con el Viejo); y una tercera aproximadamente a 1850 m.

De nuevo estas tres bandas de gneises claros y resistentes resaltan de manera destacada en las laderas, a ambos lados del río, formando resaltes rocosos singulares (referidas como Peñas por la toponimia). A su vez, el pie de estos escarpes aparece tapizado por pedreras de grandes bloques, desprendidas de los resaltes.

Para saber más: Areva (2001); ITGE (1991b, 1991c, 1991e, 1991f).



Figura 63. Sucesión de saltos de agua y pozas en las chorreras del arroyo Viejo. (Foto: J.F. Martín Duque)

Figura 64. (en la otra página). Siguiendo un patrón común a los chorreros del Guadarrama, al pie de cada salto vertical de las Chorrancas de San Ildefonso se forman pequeñas pozas. (Foto: A. Carrera)



CANCHALES Y PEDRERAS. SIERRAS DE QUINTANAR Y LA MUJER MUERTA

“Rematan las cúpulas de Peña El Oso, Riofrío, Montón de Trigo, Peñota y crestas adyacentes, canchales compuestos de masas titánicas de las rocas sobre las que yacen, mezclados con canchos de menores dimensiones, agrupados todos con cierta irregularidad y dejando entre sí numerosos huecos de distintas formas por donde encepa la raquítica vegetación semi-alpina de aquellos sitios.” (José Jordana, 1862, p. 54).

Los canchales son acumulaciones de fragmentos de rocas, algunos de dimensiones métricas, que ‘tapizan’ una buena parte de las laderas de las sierras. Otras denominaciones que se utilizan para referir este elemento del paisaje son: pedreras, gleras (terreno con muchos fragmentos de piedra) y canchos o canchas.

Los canchales adoptan fisonomías muy distintas. En algunas zonas de la sierra forman recubrimientos a modo de ‘derrame’, tapizando buena parte de las laderas. Así sucede, por ejemplo entre Navafría y Arcones. En otros casos, las laderas cubiertas por pedreras asemejan un embudo, o medio cono, con el vértice hacia abajo. Este es el caso de una gran parte de los canchales desarrollados al pie de escarpes de cuarcitas en la cabecera del río Riaza, por ejemplo el canchal de La Pedrosa. Si los canchales forman acumulaciones a la salida de canales tienen también forma cónica, pero esta vez con el vértice hacia arriba. Se denominan entonces ‘conos de derrubios’, con buenos ejemplos en la base del macizo de Peñalara.

Los fragmentos de roca que componen canchales proceden de la rotura de una masa rocosa, normalmente de un escarpe o cortado, debido sobre todo a la acción de las heladas. Este proceso se denomina ‘acuñamiento por hielo’ (y también crioclastia o gelifracción en la jerga). El efecto de cuña o palanca que soportan las rocas al congelar agua en sus discontinuidades (diaclasas, planos de estratificación, etc.) se debe al aumento de volumen (un 9% concretamente) que experimenta este compuesto al pasar de estado líquido a sólido, como bien sabemos todos por distintos procesos que nos afectan (fabricación de hielo, rotura de cañerías...). En realidad, la presión que logra romper las rocas no se debe únicamente al aumento de volumen que se produce al congelar, sino también a la que ejercen los cristales de hielo al formarse o ‘crecer’.

Con lo dicho hasta ahora, resulta evidente que estos procesos sean más efectivos actualmente allí donde: exista una mayor precipitación, haya afloramientos rocosos en superficie –con fracturas por las que el agua pueda penetrar– y, sobre todo, donde las temperaturas oscilen por encima y por debajo del punto de congelación del agua. En relación con este último factor, es preciso destacar que

laderas de sierras



este proceso es mucho más efectivo en zonas donde hay un mayor número de fluctuaciones de temperaturas por encima y por debajo del punto de congelación que en áreas muy frías (donde el agua está permanentemente congelada).

En la provincia de Segovia, las condiciones descritas concurren, sobre todo, en los escarpes rocosos situados en las zonas más altas de las sierras. Concretamente en las cumbres y en la zona superior de las laderas. En Guadarrama y Somosierra, las rocas que más frecuentemente forman escarpes (por ser más resistentes a la erosión) son los leucogneises, mientras que en la Sierra de Ayllón son las cuarcitas.

Dicho todo esto, señalemos un aspecto fundamental para interpretar los canchales y pedreras que vemos en la provincia de Segovia. Los procesos de rotura de rocas por heladas son activos en la actualidad, pero lo fueron mucho más en los periodos más fríos del Cuaternario, los mismos en que hubo glaciares en la provincia. Por ello, la mayor parte de los canchales que observamos hoy en día se formaron en esas épocas.

Figura 65. Los resaltes rocosos que culminan las sierras son el origen de los fragmentos de rocas que forman los canchales. Una vez rotos, caen por acción de la gravedad y se acumulan en su base, a modo de de 'talud'. Los materiales de estos taludes de derrubios están sueltos y en algunos casos se mueven al caminar sobre ellos. Las avalanchas de nieve, y el deslizamiento de bloques sobre nieve o hielo, entre otros procesos, mueven estos derrubios ladera abajo. El resultado es un recubrimiento en forma de 'derrame' que tapiza buena parte de las laderas: La Mujer Muerta. (Foto: A. Carrera)

Los canchales de la Mujer Muerta y la Sierra de Quintanar

Por debajo de las cumbres de la Mujer Muerta, en la ladera norte, aparecen algunos de los canchales más extensos de toda la Provincia (figura 65). También son los que descienden de forma generalizada hasta cotas más bajas (1400 metros aproximadamente). Bullón (1988) interpreta que los factores que han favorecido la presencia de estos recubrimientos generalizados en esta localización son:

- La existencia de rocas favorables. En efecto, las cumbres y laderas más altas de la Mujer Muerta están desarrolladas sobre leucogneises, que como hemos visto en varias ocasiones son rocas que suelen mostrarse en el paisaje en forma de resaltes rocosos (peñas).
- La altitud de las culminaciones de la Mujer Muerta, que superan los 2000 metros. La existencia de escarpes rocosos en tales elevaciones hace que se produzcan continuas roturas por el hielo, formando fragmentos de rocas que se acumulan al pie de los escarpes.
- La orientación predominantemente norte de la ladera, que favorece una mayor incidencia de las heladas.

En la cercana Sierra de Quintanar, en las cabeceras de los arroyos de la Beceda, o Becea, y Casamina, también aparecen magníficos canchales (figura 66). La importancia hidrogeológica de estos depósitos de fragmentos de roca radica en que actúan como grandes depósitos subterráneos, capaces de acumular el agua de fusión de la nieve, que cuando sale de nuevo a superficie da lugar a importantes manantiales, como los de la Becea.

Para saber más: Bullón (1977); Bullón (1988); Pedraza (1996)



Figura 66. Canchales de la Sierra de Quintanar. (Foto: A. Carrera)

MARMITAS, PILANCONES, POZAS O BODONES: LAS CALDERAS

Las marmitas de gigante (denominadas *potholes* en inglés) son cavidades, más o menos cónicas, hemisféricas o cilíndricas, situadas en sustratos rocosos de cauces fluviales y sus márgenes, producidas principalmente por la abrasión de las rocas del lecho por cantos y arenas que giran en turbulencias y remolinos dentro de la cavidad.

Con frecuencia, las cavidades, inicialmente cónicas y poco profundas, evolucionan con el tiempo a otras cilíndricas y hemisféricas de tipo 'cubeta', 'marmita' o 'caldero', y de ahí sus diversas denominaciones; también se refieren comúnmente como 'pilancones', 'pozas', 'pilones' y en algunos casos como 'bodones'. Además de su interés científico y educativo, este tipo de morfologías constituyen elementos naturales de gran valor natural y recreativo.

Estos 'accidentes' en el curso de un río o arroyo suelen formarse en canales fluviales que circulan directamente sobre rocas, a diferencia de los que lo hacen sobre sedimentos sueltos, no consolidados ni cementados. Normalmente se encuentran sobre rocas ígneas o metamórficas, aunque también aparecen en otro tipo de canales que circulan sobre rocas sedimentarias como areniscas y calizas. Otros factores para su formación son la existencia de una cierta pendiente, lo cual ocurre sobre todo en zonas de montaña, y la presencia en las rocas de una serie de discontinuidades más o menos verticales (fallas, diaclasas, etc.) que producen saltos y turbulencias del agua en el lecho.

La conjunción de estas tres características, junto con una dinámica torrencial, acaban por originar las marmitas. Los cauces o canales de ríos y arroyos que discurren sobre roca siempre tienen una cierta proporción de sedimentos en el lecho, como

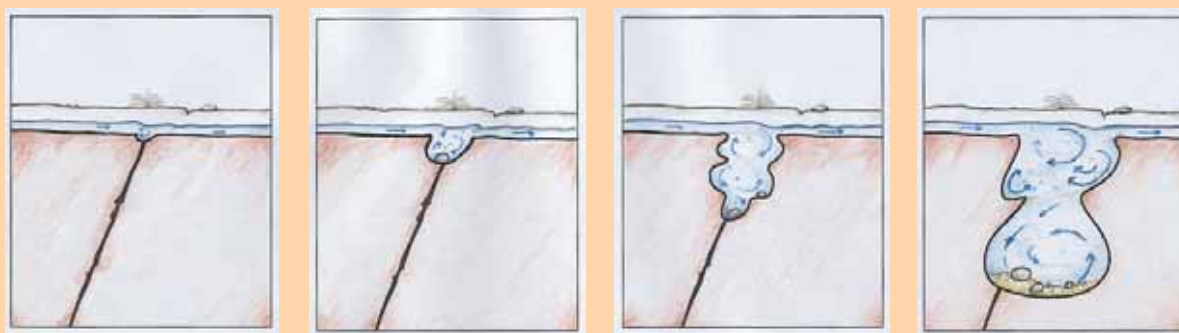


Figura 67. Proceso de formación y evolución de una marmita de gigante asociada a una diaclasa en el lecho rocoso de un río. Inicialmente, la pequeña irregularidad del lecho produce incipientes movimientos turbillonares que generan el progresivo agrandamiento del hueco; a medida que aumenta el tamaño del hueco en el lecho, los remolinos hacen girar los cantos y arenas del interior, contribuyendo al ensanchamiento y profundización de la marmita. Cuando el río disminuye su caudal durante el estiaje, parte de estos cantos y arenas pueden reconocerse en el fondo de la marmita.

arenas, gravas, cantos y bloques. Estos materiales permanecen inmóviles la mayor parte del año; sin embargo pueden ser puestos en movimiento por corrientes de agua que alcanzan gran energía en periodos de crecidas torrenciales, tal y como ocurre en la provincia de Segovia en otoño y primavera. Arenas, gravas, cantos y bloques son entonces movilizados enérgicamente por las corrientes. Estos materiales, en su movimiento, comienzan a 'chocar' contra el propio lecho rocoso del río o arroyo, desgastándolo y erosionándolo, hasta quedar prácticamente pulido. A este proceso se le denomina 'abrasión', que se concentra y es mucho más efectiva en aquellas zonas donde existen discontinuidades (roturas) o zonas de debilidad, tales como fallas y diaclasas (donde la roca es más frágil al haber sido fragmentada). La acción abrasiva que ejercen los bloques en movimiento ensancha esas discontinuidades, y comienza a formar cavidades.

Una vez que una cavidad ha comenzado a formarse, numerosos cantos y bloques quedan atrapados en su fondo, donde permanecen en reposo durante la mayor parte del año. Pero cada vez que existe una nueva crecida torrencial comien-



Figura 68. Marmitas de gigante en Las Calderas: Caldera Negra, gran poza formada por una marmita de enormes dimensiones y paredes verticalizadas, que llega a alcanzar profundidades de más de cuatro metros. (Foto: A. Díez)

laderas de sierras

zan a moverse violentamente en espiral o en remolinos (formando nuevos movimientos turbillonares) que actúan como si fuera una máquina perforadora. En este movimiento, los cantos y bloques chocan sobre todo con la base de las paredes y el fondo de la cavidad, desgastándolos y otorgándolos la característica forma de 'marmita' o 'caldero'.

Eventualmente, los cantos y bloques que ejercen la acción abrasiva en la cavidad también se desgastan. Algunos incluso llegan a partirse. Pero sus aristas se suavizan y redondean nuevamente por su choque con las paredes de la cavidad u otros clastos. Y así sucesivamente, hasta quedar convertidos en arena que finalmente abandonará la cavidad. Otros nuevos clastos ocuparán su lugar, y continuarán perforando el fondo del canal rocoso.

Las Calderas del Cambrones

El paraje Las Calderas, en el término municipal de Palazuelos de Eresma, constituye probablemente la localización con mejores ejemplos de marmitas de gigante de toda



Figura 69. Marmitas de gigante en Las Calderas: Marmita de dimensiones métricas y forma subelipsoidal, en cuyo lecho pueden observarse los cantos, gravas y arenas que durante las crecidas contribuyen a su agrandamiento. (Foto: A. Díez)

la provincia de Segovia, tanto por la abundancia de las formas como por sus grandes dimensiones.

El río Cambrones, que tiene su nacimiento en las inmediaciones del puerto de Malangosto a unos 1800 m de altitud, discurre a lo largo de unos 15 km por las estribaciones de los Montes Carpetanos (Sierra de Guadarrama) hasta desembocar al río Eresma por su margen derecha en el embalse del Pontón Alto, a unos 1100 m. Así pues presenta un marcado carácter torrencial, con una fuerte pendiente longitudinal que salva los 700 m de desnivel. En el tramo inferior de su recorrido alternan tramos de 'rápidos' con localizaciones donde existen saltos y pequeñas cascadas en el cauce, que salvan tramos con pendientes superiores al 10 %. Es precisamente en estos sectores donde son más abundantes las marmitas de gigante.

Aunque suelen numerarse de distintas maneras, básicamente existen tres grandes conjuntos de marmitas, que agrupan las denominadas popularmente como primera-segunda calderas, tercera caldera, y cuarta-quinta-sexta calderas. Sus dimensiones y formas son muy variables, habiendo sido medidas y catalogadas hace años. A modo de curiosidad, se han contabilizado 56 marmitas perfectamente individualizadas con una amplia diversidad de formas, entre las que predominan las de planta circular (hemisféricas y cilíndricas) y elíptica (hemielipsoidales y husiformes). Las excentricidades medias en los conjuntos de marmitas oscilan entre 4 y 75 cm.

La mayor marmita, llamada Caldera Negra dado que goza de muy pocas horas de insolación directa en el fondo, tiene forma elipsoidal, con un eje mayor de 5,07 m, 3,60 m de anchura (unos 57 m² de superficie en planta) y una profundidad de agua máxima de 4,20 m. En contraposición, existen micromarmitas con una superficie de menos de 10 m².

La localización de los conjuntos de marmitas está condicionada por los tramos de mayor pendiente del lecho del cauce, con la formación de cascadas a cuyo pie se forman las marmitas de mayores dimensiones (bodones, pozas o calderas). Estas zonas suelen coincidir con afloramientos de granitoides (granitos aplíticos, microdioritas...) o gneises más cuarzofeldespáticos (leucogneises), que al ser más resistentes a la erosión, forman escalones en el perfil longitudinal del río. La forma y distribución de las marmitas de menor tamaño dentro de cada conjunto están condicionadas por elementos hidráulicos de detalle, como el trazado de los regueros del canal, o la existencia de discontinuidades en la roca (diaclasas, diques, gabarros...).

Otras localizaciones óptimas para la observación de marmitas de gigante en la provincia de Segovia son: La Boca del Asno (Valsain) y San Lorenzo (Segovia) en el río Eresma; El Chorro de Navafría y el Molino del Ladrón (Lastras de Cuéllar) en el río Cega; el arroyo de La Chorrancia en Valsain, entre otras.

Para saber más: Díez (1987).

laderas de sierras

MIRADOR A UN PASADO REMOTO: PIEDRASLLANAS

Como en muchas otras localizaciones de la Provincia, el 'nombre del lugar', o topónimo, refleja de manera fiel la forma del terreno a la que refieren. Las Piedrasllanas (Peñasllanas en algunos mapas), en las proximidades de la ermita de Hontanares (Riaza), son unos estratos de cuarcitas del periodo de tiempo Ordovícico, que forman actualmente unos llamativos resaltes rocosos en un espolón de la Sierra de Ayllón. Esa confluencia de circunstancias hace que esta localización tenga un enorme interés geológico, geomorfológico y paisajístico.

Antiguas playas del Ordovícico

Hace entre 470 y 485 millones de años (en el Arenigiense, Ordovícico), la Sierra de Ayllón constituyó una zona costera. En esta época la Tierra era muy distinta. La flora estaba dominada únicamente por algas, y aún no existían plantas terrestres. Por tanto, la atmósfera terrestre tenía menos oxígeno que ahora y más dióxido de carbono, y la superficie de los continentes era desértica. En el reino animal dominaban los invertebrados, siendo alguno de los fósiles más conocidos de este periodo los graptolitos y los trilobites.

En las playas que ocupaban esta región se sedimentaban arenas. La batida del oleaje superponía unas láminas de sedimentos a otras, y la acción de las mareas formaba pequeñas ondulaciones o rizaduras sobre las arenas. Todo ello de manera similar a lo que sucede en las playas actuales. Tras ser metamorizadas y plegadas en la orogenia Hercínica, las arenas se convirtieron en cuarcitas. La intensa y prolongada erosión que sufrió este sistema montañoso hercínico hizo aparecer finalmente las cuarcitas en superficie, permitiendo la observación, puntual y actual, de estas estructuras (figura 70).

Crestas o barras

Como ya hemos apuntado, debido a la gran deformación que sufrió toda esta región, los estratos de cuarcitas ordovícicas se plegaron y fracturaron. Y este es el motivo por el que aparecen prácticamente verticales en Piedrasllanas. Además de su verticalidad, estas capas de cuarcitas se muestran en el paisaje como relieves destacados, a modo de pequeñas crestas, también denominadas 'barras' (figura 71). Ello es debido a la denominada 'erosión diferencial' que se produce, con mucha frecuencia, cuando alternan estratos de cuarcitas y pizarras, tal y como sucede aquí. Las pizarras, que son más fácilmente erosionables, constituyen las zonas topográficamente más bajas de este entorno, y las cuarcitas,



Figura 70. Las cuarcitas del mirador de Piedrasllanas tienen un pasado apasionante. Las estructuras sedimentarias que hoy podemos observar nos permiten interpretar que constituyeron arenas de antiguas playas. Estas capas son conocidas a nivel informal como 'cuarcita armoricana' (de Armorica, denominación antigua y literaria del noroeste francés, actual Bretaña). (Foto: A. Carrera)

mucho más resistentes, aparecen formando los llamativos resaltes sobre los que se ubican el mirador y sus pasarelas.

Panorama incomparable

Así rezaba una señal que indicaba el acceso a la Ermita de Hontanares, situada en las proximidades de Piedrasllanas, en lo que constituye uno de los reconocimientos más explícitos, y pioneros, de miradores naturales de la provincia de Segovia. El hecho no es para menos, dado que en este mirador concurren varias 'circunstancias topográficas' que lo hacen excepcional. Además de su posición elevada sobre el piedemonte (unos 150 metros), el mirador se sitúa en el extremo de un gran espolón serrano que, desde La Peña de la Silla (en las inmediaciones del puerto de La Quesera), cierra la cabecera de la cuenca del río Riaza. Finalmente, los resaltes que forman las crestas de cuarcitas permiten elevar un



Figura 71. Crestas o barras de cuarcitas del mirador de Piedrasllanas, destacando sobre un entorno de pizarras. (Foto: A. Carrera)

laderas de sierras

poco más el punto de observación sobre la ladera. En definitiva, el mirador es un verdadero balcón natural situado en un saliente serrano, lo que le otorga una cuenca visual muy amplia.

Desde esta posición pueden observarse: (1) 'la raña', en primer plano, una extensa plataforma de tierras de colores rojizos que constituye el piedemonte de la Sierra de Ayllón en todo este sector (*ver páginas 276 a 279, Paisajes rojos: la Raña al pie de Somosierra-Ayllón*); (2) La prolongación de la Sierra de Ayllón desde este punto hasta El Pico del Grado, al Este; (3) las campiñas de la Tierra de Ayllón y La Serrezuela, al Norte; (4) las campiñas y piedemontes del centro-oeste provincial, al Oeste; y (5) Somosierra y parte del Guadarrama, al Suroeste.

La posición privilegiada de esta localización, y las vistas que pueden obtenerse desde la misma, hacen que Piedrasllanas sea uno de los primeros (y aún escasos) miradores 'habilitados' de toda la provincia, lo que sin duda otorga una idea del acuerdo sobre su valor como mirador.

Ambientes marinos y costeros junto al puerto de la Quesera

Desde el puerto de la Quesera y sus inmediaciones pueden obtenerse magníficas panorámicas de la cabecera del río Riaza. Aparte del soberbio espectáculo que ofrecen robledales y hayedos, nos vamos a fijar aquí en el aspecto quizás menos conocido a nivel popular de este espacio. Nos referimos a las rocas que componen el sustrato, fácilmente reconocibles en un recorrido de campo.

Tomando el nivel de cuarcitas como referencia (Figura 72), hacia el oeste (a la izquierda de la imagen, zona cubierta por los robledales y hayedos), el sustrato está formado por pizarras oscuras y algunas capas de cuarcitas. La posición actual de estas rocas, en una zona montañosa, poco hace pensar sobre su origen, ya que se formaron hace 500 millones de años en un ambiente costero, sujeto a la acción de las mareas. Durante la marea alta, decantaban arcillas bajo el agua, mientras que las corrientes mareales acumulaban arenas. Estos sedimentos sufrieron un proceso de metamorfismo durante la orogenia Hercínica. Entonces, las arcillas se transformaron en pizarras y las arenas en los actuales niveles de cuarcitas. Hacia el Este de la capa de cuarcitas que discurre desde la Quesera hasta Piedrasllanas, y formando el sustrato de la mayor parte de la sierra de Ayllón segoviana, las rocas que dominan el subsuelo son pizarras, también formadas en el



Ordovícico (Superior). Hace unos 450 millones de años, esta zona costera pasó a ser un fondo oceánico, permanentemente sumergido, en el que se acumulaban unos fangos, que luego formarían las pizarras. El color negro que caracteriza a estas pizarras se debe a la acumulación de restos orgánicos a una profundidad marina donde la ausencia de oxígeno impidió su descomposición.

laderas de sierras



Figura 72. Los estratos de cuarcitas de Piedrasllanas se prolongan hasta las inmediaciones del puerto de la Quesera, al Sur, recorriendo la ladera oriental del río Riaza. En la imagen son reconocibles, a la derecha, por sus tonos claros y por la falta de cubierta vegetal. Llama la atención que este nivel de cuarcitas no forme en esta ladera las típicas 'crestas' con las que se muestra en el mirador de Piedrasllanas, o más al sur, en los espectaculares Riscos del Coso (a sólo siete kilómetros del puerto de la Quesera, en dirección a Majaelrayo, provincia de Guadalajara). (Foto: A. Carrera).

Para saber más: Arche *et al.* (1977); ITGE (1993); Pinillos *et al.* (2003).

sierras



Las sierras menores tienen muchas de las características ya descritas para laderas y cumbres serranas, pero con alguna particularidad: (1) además de alineaciones montañosas, tienden a formar cerros aislados; (2) se desarrollan sobre todo en la Sierra de Guadarrama, sobre granitos o gneises, y son más comunes en las inmediaciones de El Espinar y La Granja; (3) las culminaciones de estos bloques serranos tienen siempre una altitud entre 1400 y 1700 m; (4) presentan un grado de deforestación mucho más elevado, al haber estado sometidas a un intenso pastoreo; (5) muestran una mayor 'aridez', dado que se trata de bloques montañosos aislados o desgajados de las alineaciones montañosas principales, más elevadas y por tanto capaces de captar mayor precipitación, mucha de ella en forma de nieve (así le sucede por ejemplo al bloque montañoso de la Atalaya, mucho más seco que la cercana zona de Siete Valles).

La distinción entre si se desarrollan sobre granitoides o gneises no es muy nítida, si bien puede decirse que sobre granitos las formas tienden a ser más redondeadas (domos y lanchares), mientras que sobre gneises tienen laderas son más rectilíneas (cerros y cabezos). Únicamente un pequeño sector de sierras secundarias, en la Sierra de Ojos Albos, inmediaciones de Aldeavieja, posee un sustrato de cuarcitas y pizarras.

Señalemos finalmente el caso particular del Pico del Grado, una minúscula porción del extremo oriental de la Provincia que forma parte del Sistema Ibérico, que se adosa al Sistema Central formando también una sierra secundaria.

MONTES ENIGMÁTICOS: OTEROS Y CALOCOS

Bordeando el piedemonte granítico de Villacastín por el Sur y por el Este, aparecen una serie de 'montes isla' (*inselberg*), que constituyen los mejores ejemplos de este tipo de formas del terreno de la provincia de Segovia. Un grupo de ellos conforma una alineación de colinas, en dirección aproximada este-oeste, que se extiende desde la misma localidad de Aldeavieja, en la provincia de Ávila, hasta el cerro Oteros, en la provincia de Segovia. Otro conjunto de altos aparece en la



Figura 73. Los imponentes 'calocos' constituyen los mejores ejemplos provinciales de montes isla. (Foto: Justino Díez)

sierras secundarias

Sierra de los Calocos, una alineación de tres elevaciones principales en sentido noreste-suroeste: Cerro del Caloco (1567 m), Alto del Caloco Mediano (1431 m) y Tomillarón (o Caloquillo, 1353 m). A su vez, el Cerro del Caloco se prolonga hacia el Norte en la Peña del Cardo (1426 m). En planta, esta serie de cerros forma una V, con el arroyo Zancado entre medias de los dos cordales. El grupo de montículos de Los Calocos constituye la única sierra que está claramente separada de las alineaciones principales del Guadarrama por el norte, la cual se eleva de manera prominente sobre el piedemonte occidental segoviano (figura 73).

Terminología

Inselberg es un término muy común en geomorfología. Procede del alemán y significa literalmente 'monte isla', ya que refiere colinas que se elevan abruptamente sobre las llanuras, como una isla lo hace sobre el mar. Más en detalle son 'residuos montañosos' (cerros aislados o conjuntos de cerros) que sobresalen de manera destacada sobre una superficie. Por esta razón también se denominan **relieves residuales**. Un problema que surge aquí es el siguiente: muchos términos geomorfológicos, además de referir unas determinadas formas del terreno por su fisonomía, se utilizan con un significado genético. En el caso de *inselberg*, originalmente se utilizó para referir montes isla formados en zonas tropicales y subtropicales, ya que son muy comunes en estas regiones del Planeta. Sin embargo, su uso se generalizó posteriormente para referirse a cualquier colina que se elevaba de forma prominente sobre una planicie, y este uso descriptivo será el que utilicemos aquí; es decir, colinas, altos, cerros o montañas que, de manera individual o en grupos, destacan de forma abrupta sobre las llanuras que los sostienen. Los límites entre las laderas de estos montes isla y las llanuras que los rodean suele ser un punto de inflexión muy brusco, denominado **nick** (literalmente muesca, hendidura o mella).

Sobre su origen

Los montes isla que bordean el piedemonte granítico de Villacastín, oteros y calocos, están desarrollados sobre rocas metamórficas muy duras y resistentes. Específicamente sobre cuarcitas, ortogneises y leucogneises. Ello lleva a interpretar que su origen esté relacionado con una mayor resistencia a la meteorización y a la erosión de éstas con respecto a las rocas graníticas del entorno, en lo que se denomina **erosión diferencial**. Pero además, algunos de los bordes de estas colinas aisladas coinciden con fallas, de manera que también puede interpretarse que estos cerros son bloques elevados a partir de estas fallas (figura 74).

El valor espiritual de los montes isla

Precisamente por esta prominencia visual con respecto a las amplias llanuras sobre las que se elevan, y casi con independencia de su localización geográfica, los *inselberg* han sido considerados con mucha frecuencia como lugares sagrados, mágicos, enigmáticos... por los distintos grupos humanos que han habitado su entorno. Así sucede en regiones muy distintas del planeta, como África Oriental, Madagascar, India, China o Egipto. También en Australia, donde se encuentra, quizás, el mejor ejemplo mundial de monte sagrado: el Monte Uluru, también conocido como *Ayers Rock*. Este monte isla de areniscas, que se eleva más de 300 m sobre una llanura desértica, tiene gran valor espiritual para los aborígenes del entorno, quienes lo relacionan con el periodo de 'La Creación', de acuerdo con sus creencias.

Este carácter enigmático y sagrado que tienen las montañas aisladas que destacan sobre amplias llanuras podría estar relacionado con la existencia de tres importantes santuarios que bordean los espectaculares Calocos: Ermita de San Antonio del Cerro, Ermita del Cristo del Caloco, y Ermita de Nuestra Señora de La Losa. Quizás también con su nombre, si éste derivara de la raíz 'calo', del griego *Kalos*, bello, aunque también podría referir un terreno estéril (Sigüero, 1997, p.189).

Figura 74. Los montes isla del piedemonte más occidental de la provincia de Segovia, oteros y calocos, se asocian con la presencia de rocas metamórficas muy resistentes (ortogneises y leucogneises, en verde; cuarcitas, en color caqui) y también con fallas (líneas de trazado más grueso). La intervención de estos dos factores parece bastante convincente a la hora de interpretar estos relieves destacados. En azul, rocas graníticas; en beige, arenas de la cuenca 'terciaria'.

Para saber más: Birot y Solé (1954); Fernández (1987); Gutiérrez Elorza y Rodríguez Vidal (1978); Pedraza (1978); Pedraza *et al.* (1996); Thomas (1974); Vidal Romani y Twidale (1998)



GRADO DEL PICO Y PICO DEL GRADO

En el extremo más oriental de la provincia de Segovia, allí donde ésta linda con Soria y Guadalajara, se encuentra la localidad de Grado del Pico. Junto a ella, un cerro cuyo topónimo parece un juego de palabras con el nombre del pueblo, del cual toma el suyo: Pico del Grado.

El lugar que ocupa este cerro (1.517 m sobre el nivel del mar), ahora elevado más de dos centenares de metros sobre la planicie circundante (en torno a 1.300 m), otrora fue lecho de ríos, llanuras de marea y fondo de mares someros tropicales. Efectivamente, el cerro está constituido por la superposición de sucesivos estratos, a modo de las capas de una tarta, que se han ido depositando a lo largo de millones de años, cuando el relieve no se parecía en nada al actual. Su estudio detenido nos permite la reconstrucción de los ambientes y paisajes que se han sucedido en la zona a lo largo de los últimos 240 millones de años.

El conjunto del pico se asienta sobre pizarras negras y cuarcitas que pueden observarse en las márgenes de la carretera C-114 entre Santibáñez de Ayllón y el cruce con la carretera que se dirige hacia Noviales. El origen de cuarcitas y pizarras se remonta al Ordovícico superior-Silúrico inferior (entre 470 y 410 millones de años), cuando en el fondo de la plataforma continental del continente austral Gondwana, se depositaban capas sucesivas de arcillas ricas en materia orgánica y arenas, procedentes de los ríos que drenaban dicho continente; el metamorfismo de las arcillas y arenas dio lugar a las pizarras y cuarcitas, respectivamente. La orogenia Hercínica, acontecida poco después (Devónico-Carbonífero) produjo el plegamiento y fallado de estas rocas, tal y como se pueden observar hoy en día.

La base del cerro está constituida por unas areniscas de colores rojos pardos a amarillentos, con hileras de cantos (piedras rodenas o molineras) e intercalaciones de arcillas y bancos de dolomías. Corresponden a los depósitos del lecho de anchos ríos entrelazados que circularon por esta zona hace unos 235 millones de años, durante el Triásico (ver páginas 234-235).

Sobre estas areniscas triásicas se sitúan arenas síliceas y arcillas sueltas (poco consolidadas) de colores blancos, amarillos, rojizos o versicolores (paraje de Los Terreros), con intercalaciones de hileras de cantos. Corresponden al depósito en las desembocaduras de amplios ríos, también entrelazados, que recorrieron la zona hace unos 95 millones de años (ver páginas 188-191).

Aún por encima, margas y calcarenitas fosilíferas depositadas en amplias llanuras de marea y zonas costeras, dan paso a paquetes de calizas, dolomías, calcarenitas y margas de varias decenas de metros de espesor. Precisamente, una de estas capas de calizas y dolomías es la que sirve de culminación, a modo de tapadera, al pico (paraje de El Alto). Todos estos conjuntos superiores se depositaron,

como fangos calcáreos, en el fondo de un mar somero tropical (ver páginas 192-195). Este es el motivo por el cual es frecuente encontrarse en las rocas diversos restos fósiles de invertebrados (corales, esponjas, erizos, bivalvos, briozoos...), seláceos (tiburones y rayas), y otros animales marinos.

La paradójica evolución geológica posterior hizo que esta zona, durante millones de años deprimida en el lecho de ríos y mares, fuera elevada y parcialmen-

Figura 75. Vista aérea del Pico del Grado. Se aprecia la diferente coloración del terreno entre los depósitos rojizos de la base, y las rocas calcáreas beige-grisáceas de la culminación y los bancos a media ladera. (Foto: Justino Díez)



sierras secundarias

te erosionada, dejando el pico como resto del nivel que alcanzaron en su momento los sedimentos. En la actualidad, el pico del Grado se configura como un relieve de los denominados estructurales, ya que es la estructura o disposición de las capas de roca (subhorizontal, ligeramente inclinadas hacia el sureste), la que condiciona la forma del cerro, característicamente una mesa ligeramente 'en cuesta'. Esta suave inclinación de las capas, llamada técnicamente buzamiento, se produjo como consecuencia del levantamiento del Sistema Central durante la orogenia Alpina, desde hace unos 23 a 5 millones de años.

La localidad de Grado del Pico también es famosa por situarse en sus inmediaciones los manantiales del río Aguijasejo. Se trata de varias surgencias caudalosas de las que manan aguas bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas del acuífero cárstico que ocupa las cavidades y fisuras en las calizas y dolomías cretácicas. En sus inmediaciones, el río Aguijasejo y sus arroyos afluentes han formado un bonito cañón fluvio-cárstico; en sus cortados se pueden reconocer estructuras sedimentarias (laminaciones cruzadas, megadunas...) y tectónicas (pliegues y fallas).

Para saber más:

Alonso (1981); Hernando (1976a); Hernando (1976b); Hernando (1977a); Hernando (1977b); Hernando *et al.* (1976); Hernando *et al.* (1977).

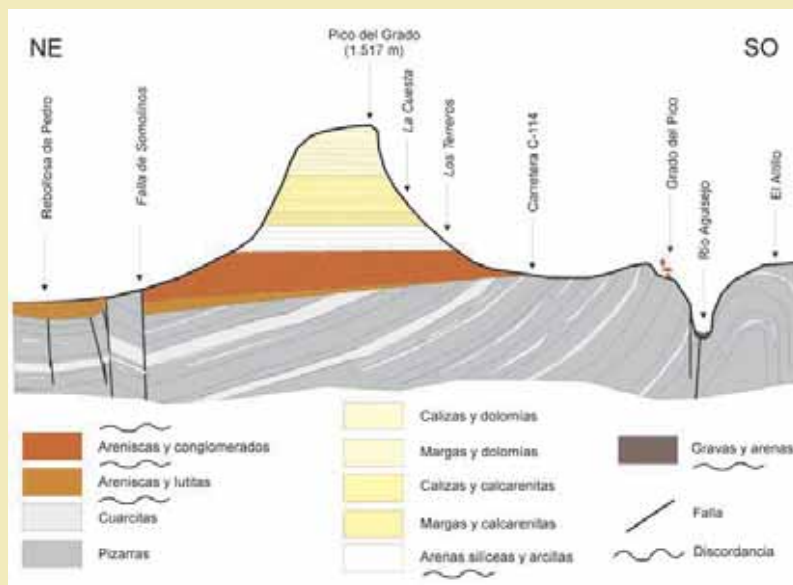
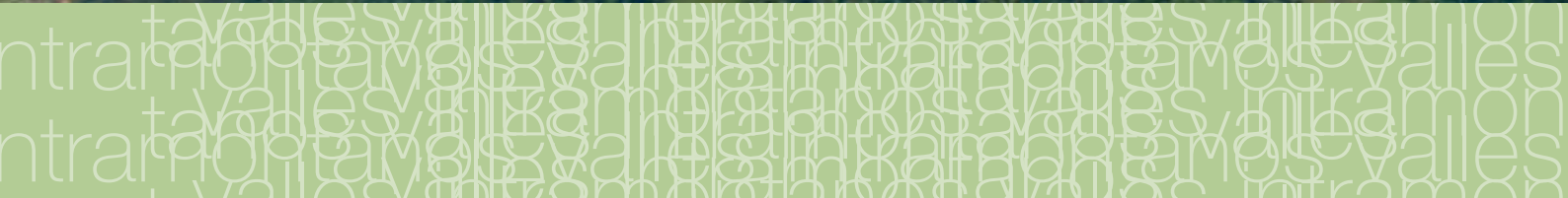


Figura 76. Corte geológico idealizado de Grado del Pico al Pico del Grado. Sobre la base formada por pizarras y cuarcitas en la que se sitúa Grado, se dispone el Pico a modo de una gigantesca 'tarta' troncocónica de sedimentos superpuestos.



Los fondos de los valles intramontañosos de la provincia de Segovia tienen una estructura geológica relativamente simple. Corresponden a grandes bloques hundidos delimitados por otros bloques elevados que los rodean. La primera consecuencia de esta estructura es la existencia de un microclima distinto, más fresco que el del resto del piedemonte, lo que ha hecho posible que alguna de las poblaciones situadas en este dominio (La Granja, El Espinar), hayan tenido y tengan una importante tradición como lugares de veraneo: "Tan notables diferencias (*climáticas*) explican la venida periódica de una elegante colonia madrileña que, huyendo de aquel abrasador y caliginoso estío, busca grato solaz y benigno temple en el fresco y embalsamado valle de Valsain." (Breñosa y Castellarnau, 1884, p. 27).

Por otro lado, al tratarse de zonas topográficamente más bajas respecto a los relieves montañosos inmediatos, se acumulan aquí sedimentos erosionados de los relieves circundantes. Por este motivo, los suelos son normalmente más profundos, lo que condiciona ecosistemas y aprovechamientos distintos. En función del tipo de relleno o sustrato que compone el fondo de la depresión, pueden distinguirse:

(1) Fondos de depresiones con relleno sedimentario arenoso, que soportan un aprovechamiento mayoritario de pastizales (Campo Azálvaro).

(2) Con fondo plano y relleno limo-arcilloso (navas). Son soporte de magníficos prados naturales y formaciones adhesadas de fresno. Es el caso de los fondos de las depresiones de Prados, La Salceda y Navafría.

(3) Con fondo de sustrato rocoso. El mejor ejemplo de este tipo es el valle de Valsain, con sustrato granítico, con formas del terreno variadas e interesantes. En este caso, al estar delimitado por las alineaciones del cerro Matabueyes-La Camorca al Oeste, y la alineación de La Atalaya al Noreste, también presenta recubrimientos sedimentarios importantes, sobre todo en la base de las laderas. Estos recubrimientos son soporte de suelos profundos y húmedos, que permiten el cultivo, por ejemplo, de los famosos judiones de La Granja.

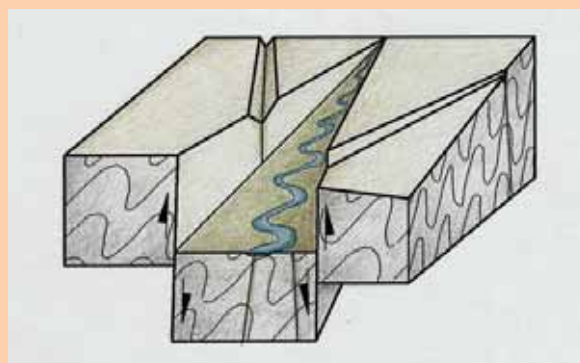
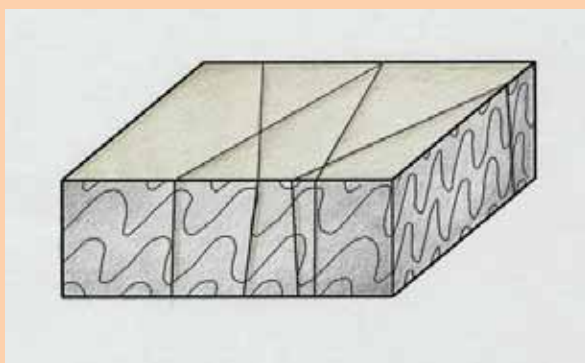
VALLES QUE SON FOSAS: CAMPO AZÁLVARO, EL ESPINAR Y LA SALCEDA

El origen más común de los valles es la erosión, o bien la acción combinada de erosión y sedimentación, producida por los ríos. En zonas montañosas, otro tipo puede deberse a la excavación que ejercen grandes glaciares. Pero también hay valles cuyo origen es la elevación y hundimiento de grandes bloques, normalmente alargados y rígidos, a partir de fallas. Cuando esto sucede, los bloques elevados quedan como caballones y se denominan *horst* ('lugar alto' en alemán). Y los bloques hundidos **fosas tectónicas** o *graben* ('surco' o 'zanja' en alemán).

Para que se forme un valle de esta naturaleza hay dos posibilidades: que dos bloques se eleven por encima de otro (al estar sometidos a una compresión), o bien que un bloque se hunda o colapse entre dos (debido a un estiramiento o distensión). En ambos casos el resultado es un bloque hundido entre dos elevados, que queda como un valle, fosa o depresión. Las laderas de los bloques elevados, denominadas **escarpes tectónicos**, son superficies de fallas a partir de las cuales se ha producido el levantamiento, las cuales pueden haber sufrido distintos tipos de modificación por erosión. Otra consecuencia inmediata de que un *horst* se eleve con respecto a un *graben* es la siguiente: el bloque elevado tiende a erosionarse, y el bloque hundido a recibir y a acumular los sedimentos procedentes del primero, de manera que el techo del segundo se convierte en el fondo de una pequeña cuenca sedimentaria.

La Sierra de Guadarrama está constituida por toda una serie de bloques elevados y hundidos, de manera que incluye varias fosas o valles tectónicos. El valle del Lozoya constituye su mejor ejemplo. En el Guadarrama segoviano, los más destacados son: Campo Azálvaro, la Fosa del Moros – El Espinar, y a nivel muy discreto pero didáctico, la fosa de la Salceda.

Figura 77. Esquema simplificado de la formación de un valle o fosa tectónica, que sirve para explicar el origen de las depresiones de Campo Azálvaro, El Espinar y La Salceda. El bloque hundido entre dos elevados asemeja un 'gran quesito' que se desnivelara de sus vecinos, bien porque los dos contiguos se elevan, bien porque el intermedio se hunde.



valles intramontanos

El Sordillo divaga por la fosa de Salceda

La fosa de la Salceda pasa casi inadvertida al observador. Sin embargo, tenemos la esperanza de que el lector, la próxima vez que recorra el tramo que va desde Collado Hermoso hasta La Salceda, consiga ver una pequeña 'fosa tectónica'. Los elementos esenciales para comprender la particular arquitectura o estructura de este paisaje son los siguientes: nada más pasar Collado Hermoso (en sentido Soria), se abre una pequeña planicie sobre la cual discurre la carretera N-110. Esta planicie se va ensanchando hasta Torreval, y corresponde con el techo de un pequeño bloque hundido. Por el sureste (a la derecha), el límite de la depresión es una falla que forma una ladera muy rectilínea (prácticamente dibujada por la cañada Real Soriana Occidental), a partir de la cual se eleva el gran bloque de la Sierra de Guadarrama en la zona de Los Pelados. Por el noroeste (a la izquierda), se eleva una pequeña colina alargada (denominada Loma de la Salceda), cuyo límite con el valle es también una falla (figura 78).

También aquí la estructura geológica condiciona irremisiblemente el paisaje. Aparte de la influencia meramente topográfica, el fondo de la fosa actúa de nuevo como receptor de sedimentos y nutrientes, erosionados y lavados de las zonas altas circundantes. Ello favorece la presencia de suelos aptos para el aprovechamiento de pastos, hasta el punto de llegar a configurar una de las dehesas de fresnos más bellas de toda la provincia. El fondo plano de la depresión, y su carácter casi cerrado, obligan a divagar por su fondo al río Sordillo, y en ese trazado sinuoso forma un reguero de saucedas (que dan nombre a La Salceda).

Para saber más: Gómez (2001); ITGE (1990); Martín Duque (1997).

La carretera recta de Campo Azálvaro

De las tres fosas tectónicas que vamos a describir, la de Campo Azálvaro es sin duda la más típica. Tiene forma de rombo irregular, cuyos lados son de nuevo magníficas fallas. El levantamiento de los bloques montañosos de Ojos Albos y Peña Morena y Malagón hizo que éstos sufrieran una importante erosión, y que el bloque hundido de Campo Azálvaro actuara como un surco receptor de los sedimentos procedentes de los primeros. Estudios llevados a cabo en esta pequeña cuenca han determinado que ésta está rellena por nada menos que 400 metros de espesor de sedimentos.

La existencia de sedimentos cretácicos en esta fosa prueba que el mar de esa época llegó a cubrir toda la Sierra en este sector, antes de que ésta se elevara. Al levantarse los bloques montañosos de Ojos Albos y Malagón, los sedimentos cre-



Figura 78. La depresión de la Salceda tiene forma de triángulo agudo que apunta hacia Collado Hermoso, en la parte inferior derecha de la imagen. Su estructura es similar a la representada en la figura 77. La falla norte es una de las más importantes de la Provincia. Es una continuación de la fractura sobre la que discurre el arroyo Cambrones (proponemos al lector que dibuje, sobre un mapa a escala 1:200.000 o similar, una línea recta siguiendo el río Cambrones hasta la base de la Loma de la Salceda, por el Este, y obtendrá el trazado de esta falla).
(Foto: A. Carrera)

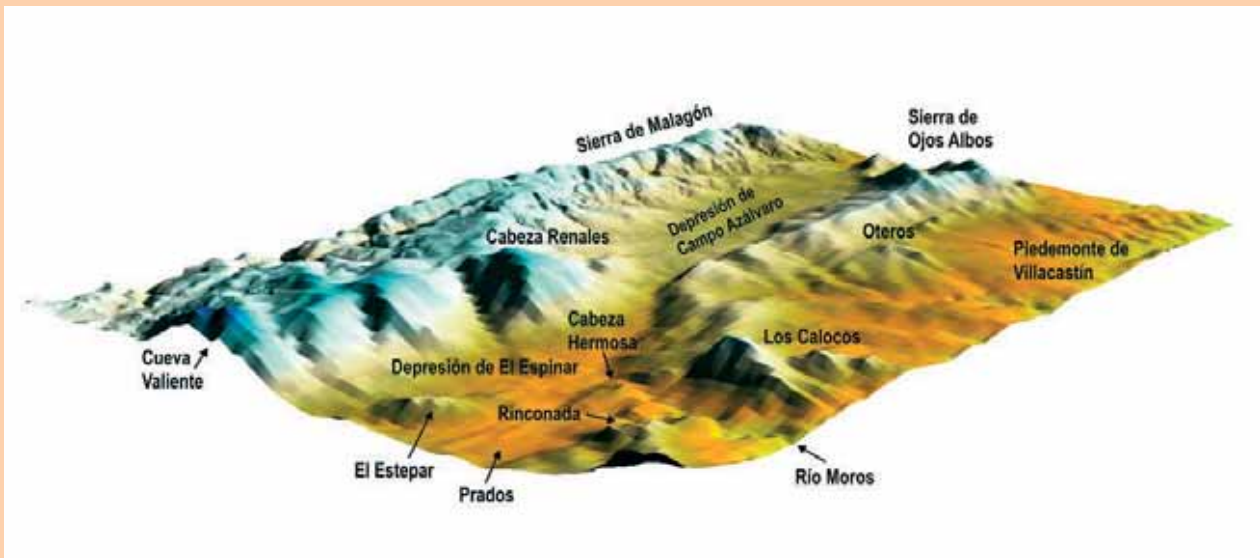


Figura 79. Vista tridimensional del relieve del Suroeste provincial, donde se aprecian las depresiones de Campo Azálvaro y El Espinar.

tácicos que existían sobre ellos se erosionaron. Los bloques montañosos siguieron elevándose y erosionándose, y la cuenca siguió rellenándose de sedimentos, dejando enterradas las capas cretácicas. Como la edad de la mayoría de los sedimentos que rellenan esta depresión es 'miocena' (ITGE, 1990), tenemos que suponer que el levantamiento de los bloques que bordean la cuenca se produjo sobre todo en el Mioceno.

Que la cuenca esté rellena por estos sedimentos (no por su edad, sino por su composición 'arenosa') tiene muchas consecuencias ecológicas y paisajísticas. En primer lugar, esos sedimentos favorecen la formación de suelos más profundos que los de las inmediatas sierras, aptos para pastizales y cultivos de secano, de manera que otorgan al valle un aspecto de 'campiñas'. Y al igual que dan el nombre de 'campo' a otros lugares donde dominan (Tierra de Campos, Campo de San Pedro...), también lo hacen aquí (Campo Azálvaro).

Fosa de El Espinar: donde el Moros traza su curva de ballesta

En planta, la fosa del Espinar tiene forma de cuadrado ligeramente girado, cuyos lados se corresponden con cuatro grandes fallas (figura 81). Al igual que Campo Azálvaro, el bloque hundido a partir de esas fallas conserva parte de los sedimen-

valles intramontanos



Figura 80. La existencia de un fondo de valle plano, debido al relleno de un bloque hundido, evitó complicaciones a la hora de establecer el trazado de la carretera de El Espinar a Ávila, muy recta. Y las formas topográficas onduladas características de este tipo de terrenos sedimentarios, sucesión pequeñas colinas y vaguadas, explican sus numerosos 'toboganes'. (Foto: A. Carrera)



tos cretácicos que llegaron a cubrir todo este sector de la Sierra de Guadarrama, cuando ésta no era sierra sino llanura. Y su significado es el mismo. Pero además, esta pequeña depresión, como lugar más bajo de todo el entorno, ha constituido una zona de acumulación de sedimentos fluviales, formando una llanura rellena por aluviones de los ríos Moros y Gudillos (llanuras y terrazas fluviales). Sobre estos sedimentos se desarrollan y utilizan unos magníficos prados, que dan nombre al lugar (Prados) y a localizaciones concretas dentro del mismo (caserío de Prados, Prado Palomo, Prado Marqués, Prados de La Concepción).

A la salida de esta depresión, el río Moros gira bruscamente su trazado. De una dirección Este-Oeste pasa a discurrir hacia el Norte (ligeramente Noroeste). Giros tan bruscos como éste suelen indicar que el río ha cambiado su posición influido por el movimiento de los bloques (elevación de unos, hundimiento de otros), condicionados por la tectónica.

valles intramontanos

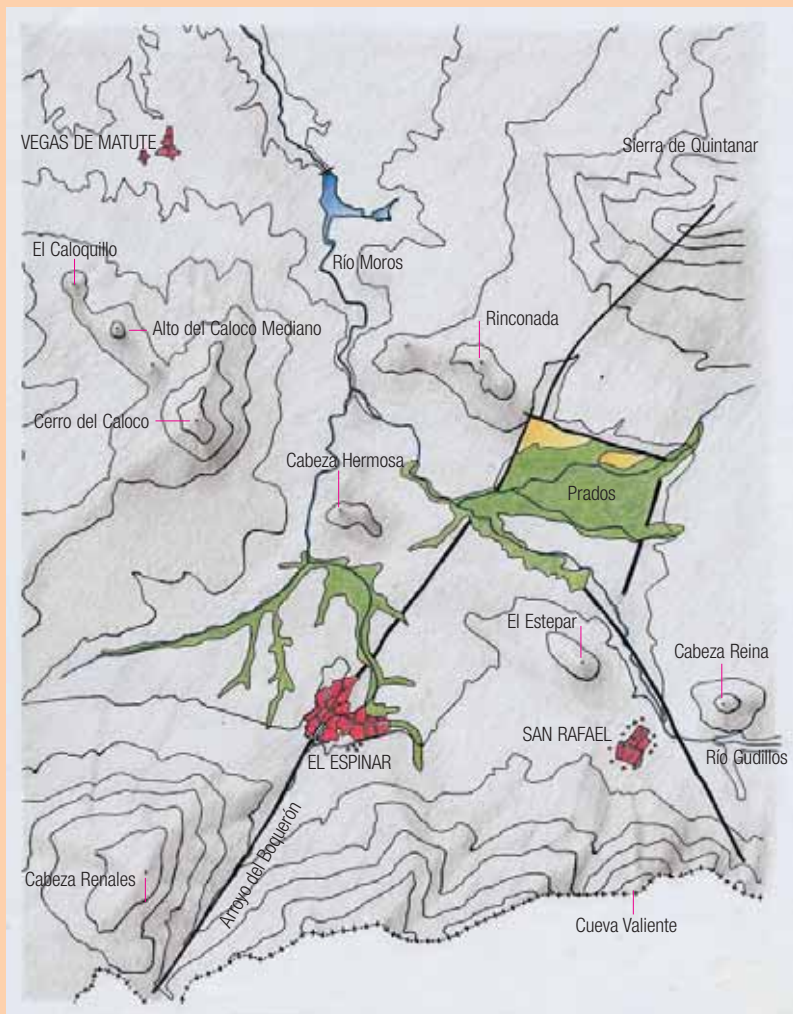


Figura 81. A) La fosa del Espinar corresponde al 'cuadrado' central delimitado por fallas (trazado grueso en negro), rellena por sedimentos cuaternarios (en verde) y cretácicos (en ocre), y bordeada por rocas ígneas y metamórficas (en gris). El lado oeste de la fosa del Espinar coincide con una gran falla, que se prolonga por debajo de la población de El Espinar y asciende por la ladera de la Sierra, hasta prácticamente la divisoria (en el límite con la Dehesa de la Cepeda). El trazado de esta falla está perfectamente dibujado por el Arroyo del Boquerón, del que toma el nombre (falla del Boquerón). Otros sedimentos cuaternarios se desarrollan en depresiones favorecidas por fallas. Los relieves de Cabeza Reina, El Estepar, Cabeza Hermosa, Rinconada y Los Calocos completan el paisaje de este entorno. B) Detalle de Cabeza Reina. (Foto: A. Carrera)

EL CERRO DEL PUERCO, LA BOCA DEL ASNO Y LA CUEVA DEL MONJE

“Otro sitio del río Valsain muy frecuentado por la colonia elegante de verano, es la Boca del Asno, donde el cauce del río se estrecha considerablemente entre dos grandes moles de granito, a cuya circunstancia debe su extraño nombre. El agua cae formando varios saltos para salvar la gran diferencia de nivel que, en muy corto espacio, presenta el lecho del Valsain, abierto en la dura roca.”

(Breñosa y Castellarnau, 1884, p. 275)

Domos y lanchas en los alrededores de Valsain

Figura 82. Es frecuente que los ríos que discurren por terrenos graníticos se encajen, o erosionen, entre estructuras dómicas contiguas. El esquema muestra el encajamiento del río Eresma entre dos domos, dejando al descubierto laderas formadas por lanchas. Es así porque la propia estructura del domo favorece que el río, al excavar, tienda a desplazarse hacia la intersección de los domos. Es posible que la propia erosión del río, al desenterrar los domos, haya favorecido su descompresión, favoreciendo el lajamiento. A, B y C) Distintas fases evolutivas. D) Situación actual, con el cerro Matabueyes al fondo. (Foto A. Carrera).

Las formas graníticas del entorno de Valsain son privilegiadas para observar fracturas de lajamiento o exfoliación, así como las formas directas que produce esa estructura. En concreto, existen tres localizaciones de interés para este objetivo: (1) el Cerro del Puerco, pequeña colina adosada a la Pradera de Navalhorno, en las inmediaciones del Centro Nacional de Educación Ambiental; (2) las inmediaciones del punto kilométrico 125 de la carretera CL-601; (3) la ladera izquierda del río Eresma, sobre la presa del Olvido.

En cualquiera de estos puntos llama la atención la existencia de superficies rocosas ligeramente curvas y o casi horizontales. Sorprende también que estos planos rocosos estén casi siempre desprovistos de recubrimientos, suelos y



D

valles intramontanos

vegetación. Esas discontinuidades son en realidad ‘fracturas’ que han roto el macizo rocoso en una serie de láminas concéntricas, similares a las capas u hojas de una gran cebolla. Esa rotura natural de las rocas graníticas ha favorecido su extracción por parte del hombre, habiéndole permitido sacar lajas o losas. Precisamente donde hay restos de pequeñas canteras, como en la base del Cerro del Puerco (Canteras de La Peña del Tizo) es donde mejor puede observarse esta estructura. Tales discontinuidades reciben distintas denominaciones, tales como fracturas de **exfoliación**, **lajamiento** o descamación, y casi siempre tienen una enorme repercusión en los paisajes graníticos. Las capas se denominan de muchas maneras: lajas, lanchas, planchas, losas... Y las formas del terreno que coinciden con la superficie de una de esas capas se llaman **lanchas** o **lancharos**, pero también losares. Algunos topónimos del valle de Valsáin relacionados con estas formas son Peñas Lisas, Navalosilla y Navalosar.

Lo que observamos puntualmente en esas superficies es en realidad una parte de una estructura similar a un ‘caparazón de tortuga’. Son los **domos** (o **domos de exfoliación**): cerros de laderas progresivamente más pendientes hacia la base y superficies rocosas desnudas, reflejo de su estructura interna en capas concéntricas. En el Cerro del Puerco puede observarse un domo completo, pero no así en el punto kilométrico 125 de la CL-601 o en la ladera del Eresma aguas abajo de Valsáin, donde únicamente vemos una pequeña ladera de formas dómicas (lancharos de la Presa del Olvido (figura 83).

La interpretación más extendida sobre el origen de esta estructura en

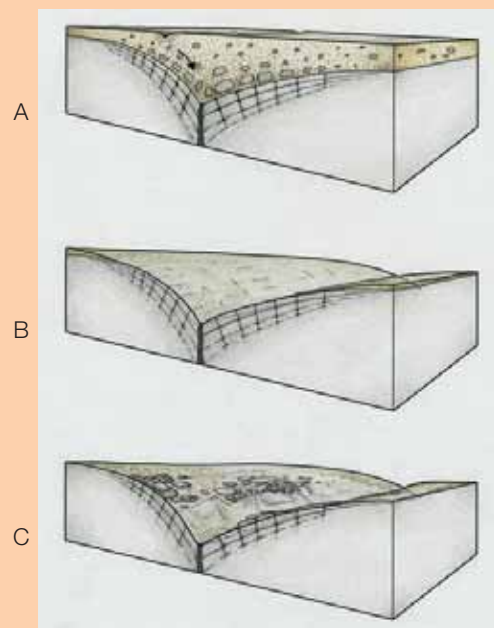


Figura 83. Detalle de los lancharos; la ladera tiene más pendiente cuanto más cerca del río, por la propia estructura del domo; por ello, los bloques se mantienen en la parte superior, ya que más abajo han deslizado. A pesar de que el topónimo Peñas Lisas aparece en otra localización, esta zona fue tradicionalmente referida así. (Foto A. Carrera).



capas concéntricas mantiene que se desarrollan como consecuencia de una 'descarga de presión'. Los granitos proceden de la solidificación de magma (roca fundida) a gran profundidad en la corteza terrestre, y por tanto sujetos a grandes presiones. El hecho de que aparezcan hoy en superficie es una prueba inequívoca de que las rocas que existían originalmente sobre aquéllos han sido erosionadas. La erosión de las rocas que cubrían a los granitos ha producido una 'descompresión', que sería causante de la fracturación. Ello explicaría varios

valles intramontanos



hechos: (1) que las discontinuidades sean normalmente casi paralelas a la superficie del terreno, llegando a definir la superficie topográfica; (2) el hecho de que cuando se produce una excavación artificial (como una cantera o un túnel), al eliminar presiones se observa que se produce la apertura de discontinuidades semejantes. Aunque la descompresión como causa del lajamiento en los granitos es la explicación más extendida, hay autores que introducen otros factores para explicar estas formas.



Figura 84. La Peña del Huevo, en una de las laderas del Cerro del Puerco, constituye un buen ejemplo de un bloque situado sobre un plinto granítico, el cual se eleva unos centímetros sobre una superficie del lanchar. (Foto: J.F. Martín Duque)

Cerro del Puerco

El Cerro del Puerco es un buen ejemplo de domo granítico. Tiene carácter de otero o atalaya sobre el valle de Valsain, y ello explica la posición estratégica que tuvo durante la Guerra Civil, como atestiguan las numerosas trincheras y ruinas de un fortín de su parte superior. En esta zona de la culminación se observan además buenos ejemplos de pilas y pilancones.

En una ladera del Cerro del Puerco se encuentra la Peña del Huevo, ejemplo espectacular de lo que la literatura sobre geomorfología granítica recoge como 'plintos', en este caso culminado por un gran bloque. Por su semejanza con la forma arquitectónica (pequeñas losas cuadradas sobre las que se asientan basas o columnas), los plintos en rocas graníticas son pequeños salientes que se elevan unos centímetros por encima de la superficie rocosa de su alrededor. Lo realmente significativo aquí no es el plinto en sí, sino el hecho de que frecuentemente sopor ten un gran bolo o bloque granítico, tal y como sucede en este caso (figura 84).

Figura 85. En la otra página. La singularidad de La Boca del Asno reside en la sucesión de pequeños saltos de agua y pozas, dentro de una estrecha incisión del río Eresma sobre un domo granítico. (Foto: A. Carrera)



Boca del Asno

Este original topónimo, del que sin embargo existe otro igual en las inmediaciones del Chorro de Navafría, da nombre a una localización de gran interés geomorfológico. Se trata de un estrecho encajamiento del río Eresma sobre una pequeña forma dómica, cuyas estructuras de lajamiento son visibles a ambos lados del tajo. Al igual que sucedía en la formación de los chorros, este domo granítico actúa como una zona muy resistente en el lecho del río. Una vez superado este tramo rocoso más resistente, el río erosiona más, y produce un desnivel o escalón importante, que el río tiene que salvar mediante pequeños saltos. De igual manera que allí, al pie de esos saltos se forman pozas, bodones o marmitas de gigante, de las que existen otros buenos ejemplos en el Valle de Valsáin, como en las proximidades de la Fuente del Milano.

Figura 86. La Cueva del Monje consiste en un curioso apilamiento de grandes bloques graníticos. El mayor de ellos, soportado por otros menores, origina la denominada 'cueva', que es lo realmente singular de este emplazamiento. (Foto: A. Carrera)



valles intramontanos

Cueva del Monje

La forma caprichosa de este apilamiento de grandes bloques graníticos ha tenido interpretaciones muy imaginativas. Dionisio Chaulié, por ejemplo, visitó en el verano de 1879 la Cueva del Monje. La describió como un abrigo de pastores de diez pies de largo por siete de ancho y tres de altura, y la interpretó como un monumento megalítico construido por los druidas celtas “para celebrar las fiestas de los plenilunios” (Chaulié, 1880, p.40). Sin embargo, Rafael Breñosa y Joaquín María de Castellarnau, escriben unos años más tarde: “Algún aficionado á la ciencia prehistórica ha creído ver en ella un monumento megalítico, y así lo ha consignado en una revista científica; pero examinando detenidamente los caracteres y circunstancias que presenta este grupo de cantos, se descubre que no es más que un efecto natural de la descomposición del granito;” (Breñosa y Castellarnau, 1884, p. 277). Y en efecto, la interpretación más lógica de esta estructura sería similar a la de formas tipo *tor*, o piedras caballeras (cuyo origen se analiza en la página 164).

Para saber más: Centeno (1988); Pedraza *et al.* (1989); Thomas (1974); Vidal Romani y Twidale (1998).



pie demontes



Se trata de zonas situadas al pie de elevaciones montañosas, con una topografía plana ligeramente inclinada hacia el norte (a modo de rampa). Esta superficie erosiva está labrada sobre rocas muy duras, de origen ígneo y metamórfico, con suelos muy delgados y abundante presencia de afloramientos rocosos.

En función del tipo concreto de rocas que componen el sustrato, los piedemontes muestran unas morfologías propias. Sobre granitos, caracterizando el territorio del suroeste provincial, el paisaje muestra una mayor proporción de rocas, de fisonomías redondeadas características: lanchares, berrocales, bolos... Estas zonas alternan con otras cubiertas por prados y pastizales (navas), coincidentes con lugares en los que la roca está descompuesta (arenizada): Navas de San Antonio, Ortigosa del Monte... En el piedemonte sobre gneises, las formas son más onduladas y suaves, y la aparición de rocas en superficie es menos frecuente, con una morfología menos definida. Estos afloramientos coinciden normalmente con tipos de gneises más 'duros' (gneises biotíticos, leucogneises) y con las migmatitas. Dentro de este piedemonte gneisico también existen zonas de navas, soporte de uno de los paisajes más singulares de la provincia: los 'prados de las vallas de piedra y fresno' (Navafría, Cañicosa, Sotosalbos...). Finalmente, el piedemonte sobre pizarras se caracteriza por suelos extremadamente delgados, y por una marcada alineación de los afloramientos rocosos, debido a la estructura planar de las pizarras. Este piedemonte tiene muy poca representación espacial en la provincia, ya que en su mayor parte se halla cubierto por sedimentos, tal y como sucede en las inmediaciones de Riaza. Este recubrimiento consiste en unos depósitos característicos de los piedemontes de sierras de cuarcitas y pizarras, denominados 'rañas'.

La distinta composición rocosa del piedemonte ha dirigido, como es lógico, su aprovechamiento mineral y de rocas industriales, y su utilización con fines constructivos. Respecto al primer punto, el piedemonte sobre gneises ha sido objeto de minería histórica muy importante, mientras que el piedemonte granítico es una fuente inagotable de materiales de construcción. También desde antiguo, y para monumentos tan emblemáticos como el Acueducto. El piedemonte sobre pizarras ha combinado los dos aprovechamientos: minerales y rocas industriales. Respecto al uso constructivo, el granito domina la mampostería y los vallados de piedra del suroeste; el gneis caracteriza muros y vallas desde Revenga hasta Santo Tomás del Puerto; y entre Riaza y Grado del Pico, las construcciones están dominadas por cuarcitas, pizarras y conglomerados, con unas texturas y colores muy singulares (pueblos rojos y pueblos negros).

Estos aparecen interrumpidos por valles estrechos (gargantas), de orientación dominante sureste-noroeste y donde los afloramientos rocosos son más abundantes. Finalmente, el 'contacto' entre este tipo de piedemonte y otras unidades, como lastras o campiñas, ofrece ejemplos espectaculares de fallas inversas de tipo 'cabalgamiento'

EL PAISAJE GRANÍTICO DEL SUROESTE

“Detrás de estas imponentes formas, llegamos a ver otros vestigios de la erosión: pináculos afilados, piedras caballeras sobre pilares, rocas con formas de seta, rocas modeladas como hamburguesas o como pilas de tartas derretidas, arcos, puentes naturales, pilancos, grutas, y toda la variedad infinita de salientes y agujeros a la que se presta la arenisca, dadas las condiciones necesarias y, como diría Thoreau, una asignación generosa de tiempo: pongamos, por ejemplo, ¿alrededor de cinco mil años? ¿Cincuenta mil? ¿Ciento cincuenta mil? Escoge la cifra que prefieras.” (Abbey, 1968, p.181)



piedemontes

Aunque la cita de Abbey se refiere a areniscas, se incluye aquí porque refiere un entorno dominado por formas rocosas 'caprichosas'. En Segovia, estas formas curiosas, a modo de 'esculturas' o 'monumentos' naturales, aparecen sobre todo en rocas graníticas, donde llegan a configurar conjuntos de gran interés y belleza. Y la comarca donde realmente destacan por su abundancia es el piedemonte del suroeste provincial, al sur de Villacastín (figura 87). Esta planicie desarrollada sobre rocas graníticas (de las cuales la adamellita o monzogranito es el tipo más común), se prolonga hasta los pies de la Sierra de Quintanar, en Ortigosa del Monte y La Losa.

Figura 87. El aspecto más evidente del piedemonte granítico del suroeste provincial corresponde al de una planicie ligeramente ondulada, en la que alternan vaguadas amplias y poco profundas, cubiertas de prados casi siempre verdes, con zonas ligeramente alomadas (divisorias entre las vaguadas), dominadas por rocas en superficie. La localidad de Navas de San Antonio queda a la derecha de la imagen, y los relieves de Los Calocos a la izquierda. (Foto: A. Carrera)



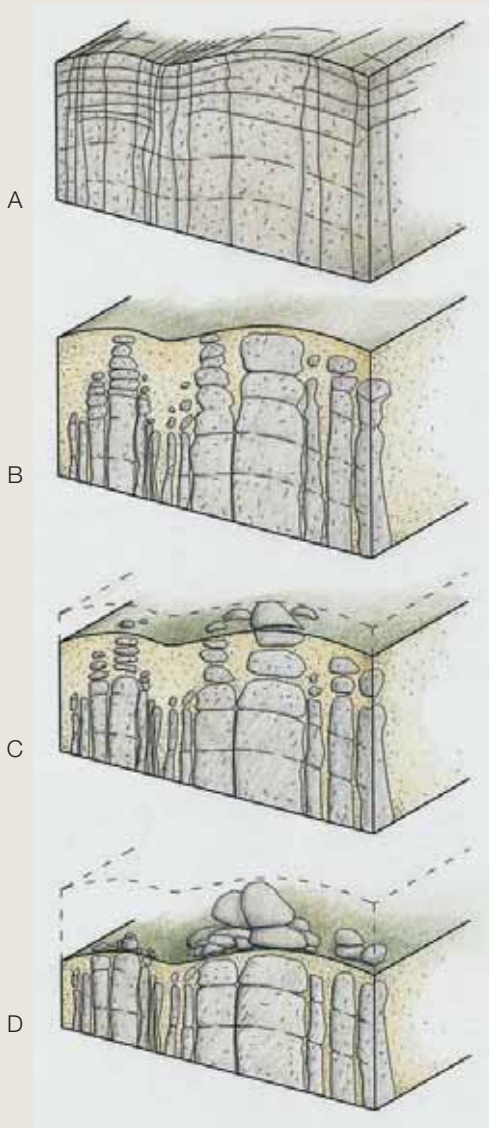
Un paisaje asociado a un tipo de roca

Con **paisajes graníticos** nos referimos a un conjunto de formas del terreno, que si bien no se desarrollan de manera exclusiva sobre estas rocas, sí que puede decirse que son características y distintivas de las mismas. Ello hace posible que paisajes muy similares aparezcan en regiones del planeta muy distantes, incluso con climas muy diferentes. Y también que una gran parte de la gente identifique sin mucha dificultad, a partir de sus formas, los terrenos graníticos. Nuestros antepasados, cuya supervivencia estaba directamente afectada por las características del medio en el que se desenvolvían, clasificaron, denominaron y correlacionaron magistralmente las formas graníticas de unas comarcas a otras, sobre la base de sus propiedades comunes. De esta manera, topónimos genéricos de nuestro entorno geográfico, como Lancha, Lanchar, Losa, Peña, Cancho, Berrueco, Berrocal, Berrocoto, Nava... refieren formas del terreno similares en localizaciones distintas. Otras regiones graníticas de la Península Ibérica y del mundo cuentan con ejemplos similares. Con esas denominaciones y clasificaciones, los habitantes de estos territorios cumplían un objetivo primordial, no superado en muchos casos por los estudios modernos: correlacionar las propiedades de distintas porciones o unidades de terreno (normalmente basadas en su posible aprovechamiento) de unas comarcas a otras.

La formación del paisaje granítico del suroeste

Las formas de los terrenos graníticos del suroeste provincial combinan zonas cubiertas por vegetación (desarrolladas sobre un sustrato mayoritariamente arenoso) y zonas donde aparecen rocas en superficie. La formación de ambos elementos, bloques y material arenoso, y del conjunto de formas que derivan de su combinación, es consecuencia de la actuación durante largos periodos de tiempo de dos procesos esenciales: (1) una intensa meteorización química de un macizo de rocas graníticas (o **alteración**), que descompone estas rocas y las transforma en un material arenoso, y (2) la erosión posterior de ese material, dejando como residuos los restos de rocas que no se meteorizaron.

Más en detalle, la historia que explica el origen de este paisaje habría sido la siguiente. Las rocas graníticas que componen este piedemonte proceden de la 'intrusión' de magmas a finales de la orogenia Hercínica. Con posterioridad, los granitos sufrieron intensos procesos de fracturación, rompiéndose y resquebrajándose. A partir de ese momento (finales del Paleozoico), estas rocas, que constituían las 'raíces' de grandes sistemas montañosos, formaron parte de zonas continentales emergidas. Así, durante largos periodos del Mesozoico y del



pie demontes

Cenozoico, y bajo la influencia de climas cálidos y húmedos, se supone que las rocas graníticas de este entorno estuvieron sometidas a procesos intensos de meteorización química o alteración.

La alteración fue transformando las duras rocas graníticas en una masa arenosa suelta, capaz de ser disgregada con la mano cuando la encontramos en el campo. De forma muy gráfica, es como si las rocas se 'pudrieran'. En el ámbito académico a este material se le denomina **regolito** o **grus**, mientras que a nivel popular recibe nombres muy distintos según las regiones (como jabre, o xabre en Galicia). La capa de regolito habría ido aumentando su profundidad de manera progresiva, y podría haber alcanzando fácilmente varios centenares de metros, tal y como sucede actualmente en regiones tropicales. El límite entre el regolito y la roca fresca se denomina **frente de alteración**.

Con el comienzo de la elevación del Sistema Central en la orogenia Alpina (ya en el Cenozoico, hace unos 20-30 millones de años), y con la tendencia progresiva a una mayor estacionalidad y aridez del clima en esta zona, se establecieron unas circunstancias favorables a la erosión y al arrastre del regolito (sobre todo por parte de ríos y arroyos). Bajo estas condiciones, el manto arenoso que cubría un sustrato rocoso sin descomponer habría comenzado a erosionarse (o desmantelarse) de forma importante, y a ser evacuado de estas zonas, siendo sedimentado al norte. Así por ejemplo, los terrenos sobre los que se asientan las localidades de Zarzuela del Monte o Ituero y Lama, en el mismo borde del piedemonte, proceden de la sedimentación de estos materiales arenosos.

Figura 88. (A) El macizo rocoso que hoy forma el piedemonte granítico del entorno de Villacastín, como componente de una zona continental emergida, quedó expuesto en la superficie terrestre a procesos de meteorización. (B) Bajo la influencia de condiciones climáticas propicias, fundamentalmente cálidas y húmedas, la meteorización química profundizó en el subsuelo del macizo, y transformó la roca granítica en un material arenoso (regolito o grus, en amarillo). (C) Posteriormente, toda la región se vio sometida a un levantamiento, y se produjo además un cambio climático hacia condiciones más áridas, lo que provocó el inicio de la erosión del regolito; (D) La erosión progresa, y hace aparecer en superficie grandes bloques graníticos, que coexisten con el regolito. (E) Inmediaciones del puente sobre el arroyo Cardeña, Villacastín. (Foto A: Carrera)



E

Cuando la erosión del regolito llegó hasta el límite con la roca sin meteorizar, es decir al frente de alteración, éste quedó parcialmente expuesto, formando la actual superficie del terreno. De esta manera, aquellas formas que vemos actual-



Figura 89. (A) La mayor parte de las fracturas y diaclasas existentes en un macizo rocoso granítico tienen intersecciones angulares, de manera que éste queda dividido en una serie de bloques angulares, más o menos cúbicos o paralelepípedicos. Cuando ocurre la meteorización química, ésta se produce a favor de las discontinuidades; en cada bloque, la alteración afecta a todas las caras, progresando hacia su interior. De esta manera, las esquinas o ángulos del bloque se desintegran más rápidamente que los centros de las caras del cubo, ya que en los vértices la meteorización tiene tres frentes abiertos (las que convergen en cada vértice); la roca meteorizada adquiere entonces una forma esférica o elipsoidal. (B) Bolo granítico del Berrocal de Ortigosa (Foto: J.F. Martín Duque) (A, redibujado a partir de Hamblin y Christiansen, 2001).

mente en las que domina el elemento rocoso, constituyeron una vez el frente de alteración. Y las zonas parcialmente cubiertas por arenas constituyen el regolito, que ha sido erosionado pero de manera incompleta. Para los que conocen bien este piedemonte, es éste un “terreno que no hace barro”, descripción bien expresiva de la naturaleza arenosa del regolito.

Las formas redondeadas como tendencia: piedras berroqueñas

En la meteorización química o alteración de granitos hay una tendencia casi ‘universal’ a producir formas esféricas. Todo ello de manera prácticamente independiente a la geometría original de los bloques en que aparece dividido un macizo rocoso (figura 89).

A este proceso se le denomina **meteorización esferoidal**, y puede ocurrir tanto debajo como sobre la superficie del terreno. Cuando el proceso descrito sucede debajo de la superficie del terreno, queda un conjunto de bloques redondeados, denominados **corestone** (traducible como ‘núcleo’ o ‘corazón’ de roca), englobados en una matriz arenosa (regolito o grus) (Figura 90).

Si el material arenoso procedente de la descomposición del granito desaparece por erosión, los núcleos rocosos son demasiado grandes y pesados como para ser movilizados por un río o un arroyo, y quedan *in situ*. Si tienen tendencia ortogonal, con aristas aún reconocibles, son **bloques**. Si están redondeados se

piedemontes



Figura 90. Bloques graníticos englobados en una matriz arenosa de regolito. La ilustración aparece reproducida en la *Descripción Física y Geológica de la provincia de Segovia*, de D. Cortázar (1891), con el siguiente pie de foto "Textura globosa del granito, al E. de la Fábrica de Loza de Segovia".

denominan **bolos**, que a nivel popular reciben el nombre de **piedras berroqueñas**. De piedra berroqueña deriva **berrocal**, que en España se utiliza para denominar a casi cualquier terreno granítico en el que abundan bolos graníticos. Cuando el regolito es erosionado, es común que unos bloques queden encima de otros, formando pequeñas 'torres' de rocas.

Según lo explicado, es importante destacar pues que los bolos y bloques graníticos que vemos en distintas posiciones (bien dispersos, bien formando concentraciones o apilamientos), no son depósitos o sedimentos, como quizás pudiera pensarse en algún caso. Se acumulan o apilan cuando se erosiona el regolito que bordea los bloques, de manera que éstos lo único que hacen es 'asentarse' unos sobre otros.

Berrocotos, canchos, peñascales y navazos

Si hubiera que destacar algún rasgo esencial del piedemonte granítico del suroeste segoviano, que le otorgaría personalidad propia con respecto a otros terrenos graníticos, éste podría ser la ausencia de 'montes isla' de estructura dómica (denominados *bornhardt*), y la existencia, en su lugar, de formas acastilladas que aparecen como pequeños relieves residuales (berrocotos). En detalle, las formas del terreno que componen este paisaje (con su denominación local más común entre paréntesis), son:



Figura 91. Los berrocotos tienen un carácter destacado en el paisaje, ya que si bien poseen poca altura (sólo se elevan de 15 a 20 metros sobre su entorno más cercano), se sitúan sobre lomas divisorias entre ríos y arroyos. Constituyen por ello unos magníficos miradores naturales de un amplio sector del Sistema Central y su piedemonte. Berrocoto de Zarzuela del Monte. (Foto: A. Carrera)

- **Montes isla acastillados (berrocotos).** Se trata de pequeñas colinas que sobresalen sobre la llanura, razón por la que pueden ser considerados verdaderos 'montes isla'. Aparecen allí donde dominan las fracturas ortogonales (verticales y horizontales), a diferencia de los domos, en que las fracturas son curvas. Dan lugar por tanto a formas acastilladas, que simulan antiguas fortificaciones. Los dos mejores ejemplos se encuentran en Zarzuela del Monte y Navas de San Antonio. Se da la circunstancia de que los dos reciben la misma denominación, Berrocoto (figura 91).

- **Torres de bloques, tor (canchos, peñas).** Constituyen pequeñas colinas o resaltes rocosos, formados por agrupamientos o 'apilamientos' de bolos y bloques. Tienen forma de pequeña torre, y al igual que los berrocotos, también se desarrollan allí donde predominan las diaclasas horizontales y verticales (ortogonales) (figura 92). Los *tor* son más pequeños que los berrocotos, y si éstos aparecían como colinas 'residuales' en divisorias, los *tor* aparecen en cualquier localización en que dominan las agrupaciones de bolos y bloques. Sobre todo en dos situaciones: (1) en las zonas de la llanura donde dominan afloramientos rocosos, que constituyen divisorias menores entre navas (por ejemplo Cerro Mediano); (2) en los bordes de las pequeñas gargantas fluviales de este sector.

piedemontes

- **Berrocales y pedrizas (berrocales, peñascales).** Se trata de agrupaciones de bolos y bloques en pequeños cerros y divisorias entre vaguadas, así como en las proximidades de arroyos. Los berrocales son acumulaciones de bolos en las culminaciones de domos graníticos (figura 93); en este caso, los domos son reconocibles, pero no así en las pedrizas, de aspecto más caótico. El mejor ejemplo de berrocal de toda la comarca aparece en Ortigosa del Monte. En el entorno de Villacastín, los hay en Cerro Mediano, cerca de los 'berrocotos', y en las proximidades del Puente Nuevo y del Puente de Santa Cecilia.

- **Lanchares (lanchares, losares).** Son superficies lisas sobre granitos, ligeramente convexas, y a modo de verdaderos pavimentos rocosos. Estas superficies están relacionadas con fracturas de lajamiento en formas cóncavas de amplio radio (o poca curvatura) (ver página 142). Los parajes Fuente Majada (Zarzuela del Monte), Cachimán del Vadillo (Villacastín), ermita de Nuestra Señora de la Losa (figura 94), Berrocal de Ortigosa, y proximidades del embalse de Los Ángeles de San Rafael, ofrecen buenos ejemplos de lanchares.

- **Zonas de arenización o alteración (navas, navazos, prados).** Se trata de lugares en los que el granito está totalmente descompuesto, lo cual sucede sobre todo a partir de grandes fracturas en el subsuelo. La roca alterada favorece por un lado que se hayan erosionado más, de manera que coinciden con zonas topográficamente bajas, con forma de amplias vaguadas, con frecuencia rellenas por sedimentos (figura 95).

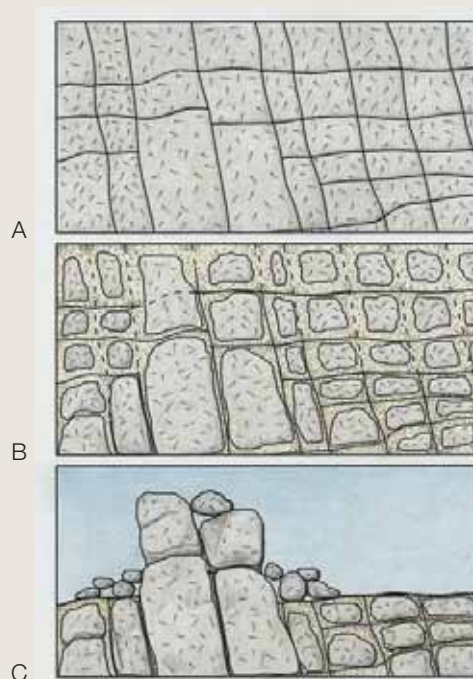
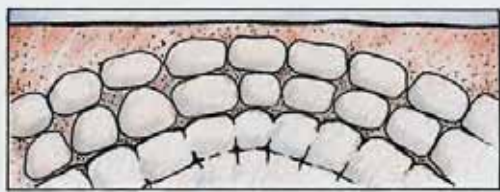


Figura 92. A) Los relieves tipo *tor* se desarrollan a partir de masas rocosas divididas por sistemas ortogonales de diaclasas, horizontales y verticales. B) La meteorización de la roca a favor de esas fracturas forma núcleos de roca de distintos tamaños, envueltos en regolito. C) La erosión del regolito produce un 'apilamiento' de los bloques de mayor tamaño, a modo de 'torre de bloques'. D) Cancho Tres Nuques, relieve tipo *tor* de Zarzuela del Monte. (Foto: A. Carrera).





A

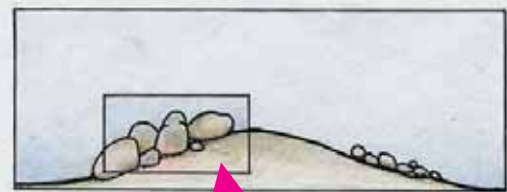


B



C

Figura 93. Desarrollo de un berrocal a partir de un domo granítico de radio amplio. A) Además de las discontinuidades subhorizontales (lajamiento), los domos graníticos tienen fracturas o grietas verticales. La intersección entre las discontinuidades de lajamiento con las de tendencia vertical, compartimenta o subdivide las lajas en una serie de 'bloques'. B) El agua se infiltra a través de las discontinuidades, y en contacto con la roca, transforma las micas y feldespatos en arcillas; los granos de cuarzo quedan como residuo arenoso. Los bloques se descomponen a partir de sus bordes, y pasan a adquirir distinto grado de redondez. C) La erosión del regolito deja los bolos en la superficie. D) Algunos bloques llegan a desaparecer, y otros se acumulan sobre el domo. E) Grandes bolos graníticos del Berrocal de Ortigosa; la superficie del domo a partir del cual se han formado es aún reconocible (superficie rocosa inclinada sobre la que se asientan los bolos). (Foto: A. Carrera).



D



E

pedemontes



Figura 94. Lanchares. A) Las ruinas de la Ermita de Nuestra Señora de La Losa muestran un magnífico ejemplo de lanchar, a modo de pavimento natural del edificio. Los lanchares son también referidos como 'losas', de donde toman el nombre la ermita, la virgen y una fuente próxima (Fuente de La Losa). (Foto: J.F. Martín Duque). B) Lanchares en El Berrocal de Ortigosa, pertenecientes a la misma estructura 'domica' que dio lugar a los grandes bolos graníticos. (Foto: A. Carrera).

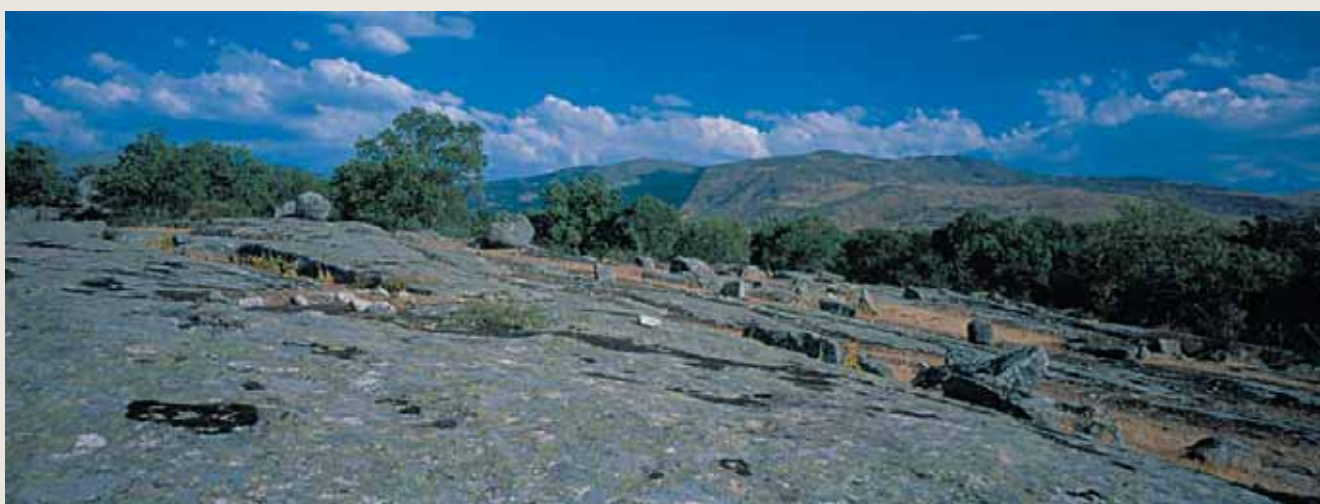


Figura 95. Las navas se caracterizan por la presencia de material meteorizado en profundidad y pequeños recubrimientos sedimentarios en superficie. La existencia de agua en el subsuelo y la ocurrencia de encharcamientos estacionales en las mismas favorecen el desarrollo de magníficos prados. Proximidades de la Piedra de la Caperuza, Zarzuela del Monte. (Foto: A. Carrera)

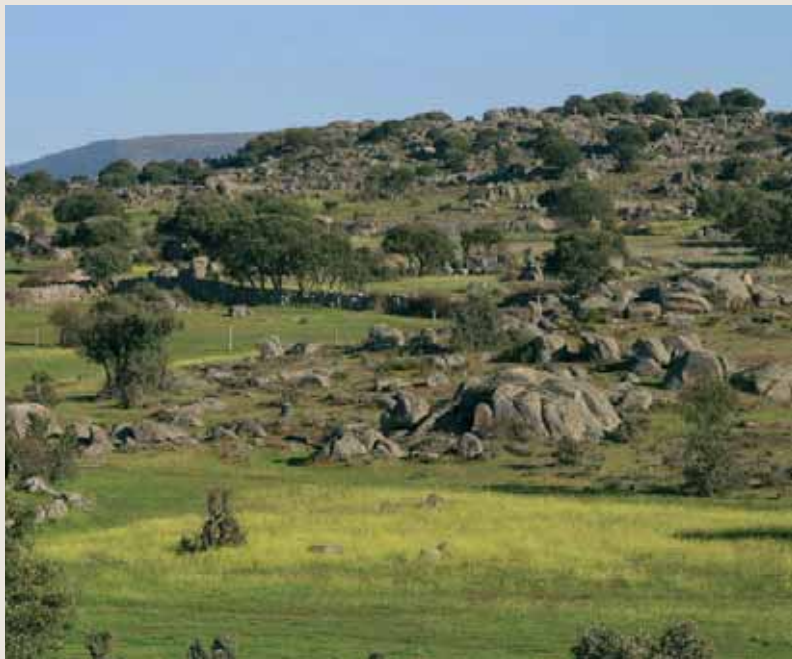


Figura 96. Las laderas graníticas de pequeñas gargantas se caracterizan por una dominancia de afloramientos rocosos, ya que los arroyos han erosionado todo el regolito. Laderas del arroyo Hondón, Zarzuela del Monte. (Foto: J.F. Martín Duque)

- **Laderas graníticas (canchos).** Aunque el piedemonte de Villacastín constituye a grandes rasgos una amplia llanura, existen laderas con formas graníticas en los encajamientos fluviales. Normalmente en los bordes del piedemonte, donde las navas recién descritas pasan progresivamente a valles estrechos en forma de garganta. Este cambio del aspecto del valle a lo largo de un mismo arroyo se debe al desnivel existente entre la superficie del piedemonte granítico y la altura de la cuenca sedimentaria próxima (figura 96). Un magnífico ejemplo de ladera granítica lo constituye el Cancho de La Lucía, en Zarzuela del Monte.

- **Relieves residuales lineales (guijos, guijas).** Dentro del paisaje granítico del suroeste segoviano que venimos describiendo aparecen además pequeñas colinas alargadas, a modo de pequeñas crestas o dorsales. Así ocurre entre Villacastín e Ituero y Lama, y en las proximidades del puente de Santa Cecilia. Pero el mejor ejemplo de relieve residual lineal de esta comarca lo constituye el cerro Rinconada (figura 97). Estas pequeñas elevaciones están condicionadas por la existencia de rocas que son mucho más resistentes a la erosión (cuarzo, pórfidos) que el granito. De esta manera, cuando se erosiona todo el conjunto, los diques de esas rocas forman una especie de 'caballón', y por tanto quedan como resaltes alargados.

piedemontes

A



B



Figura 97. La pequeña 'dorsal' de Rinconada está condicionada por la presencia de un dique de pórfido granítico, que es más resistente a la erosión que los granitos (adamellitas) de su entorno. (A) Vista aérea oblicua (Foto: A. Carrera) (B) Esquema idealizado del cerro alargado.

La escultura de detalle: formas rocosas caprichosas y fantásticas

Figura 98. Principales formas de detalle, o formas menores, del paisaje granítico del suroeste segoviano. (A) Bolos y bloques; A1, Peña del Carnero, Zarzuela del Monte; A2, Piedra de Los Cuatro Torreznos, fisonomía singular de un gran bloque, sobre una superficie de lanchar, Zarzuela del Monte. (B) Piedras caballerías; Piedra de la Caperuza, Zarzuela del Monte, aunque localmente todo el mundo la conoce como Piedra del Sombrero. (C) Roca pedestal o roca seta en las inmediaciones de Berrocoto, Zarzuela del Monte. (D) Abrigos y paredes invertidas en una alineación de bloques; inmediaciones de Berrocoto, Navas de San Antonio. (E) La intersección de la superficie interna de un *tafoni* con la parte externa del bloque sobre el que se desarrolló ha dado lugar a esta espectacular ventana; Piedra de La Ventana, Zarzuela del Monte. (F) Pavimento rocoso, Villacastín. (G) Pila en forma de sillón, Zarzuela del Monte. (H) Surcos y acanaladuras (asperones) en la superficie de un bloque, Zarzuela del Monte. (I) Roturas o grietas poligonales en las proximidades de Berrocoto, Navas de San Antonio. (Fotos A1,D,F,I: J.F. Martín Duque; Fotos A2,B,C,E,G,H: Alberto Carrera).

Otras formas de pequeñas dimensiones quedan incluidas normalmente dentro de las descritas hasta ahora. Muchas ofrecen fisonomías curiosas, razón por la cual tienen un gran atractivo para la población local y visitantes.

- **Bolo o bloque granítico.** Más redondeados los primeros y menos los segundos, constituyen, por decirlo de alguna manera, el elemento básico del cual están compuestos los paisajes graníticos. La forma caprichosa de muchos bolos hace que sean asimilados a animales u objetos. En Zarzuela del Monte, de nuevo, encontramos todo un muestrario de denominaciones fantásticas, tales como Piedra del Carnero, Piedra del Coche o Piedra del Tamboritero.

- **Piedras caballerías.** Son consecuencia del apilamiento de unos bloques sobre otros, en equilibrios desafiantes y difíciles. También se denominan piedras oscilantes, basculantes, penitentes, piedras monje, rocas en equilibrio, rocas colgadas... Son más comunes en las proximidades de los arroyos Cardeña, Piezga y Hondón, donde el regolito ha sido eliminado en mayor medida. Hay muy buenos ejemplos a lo largo de todo el piedemonte de este sector, y de hecho, la fotografía de una piedra caballera de Villacastín aparece en las sucesivas ediciones de uno de los libros 'clásicos' de Geología en España (*Geología*, de Meléndez y Fúster, 1969, p. 180). Dado el aspecto caprichoso de muchas de ellas, es común su denominación con nombres de personas, animales o cosas (Piedra del Sombrero o La Caperuza, Piedra de La Botella).



Figura 98.(A) Bolos y bloques; A1, Peña del Carnero, Zarzuela del Monte.

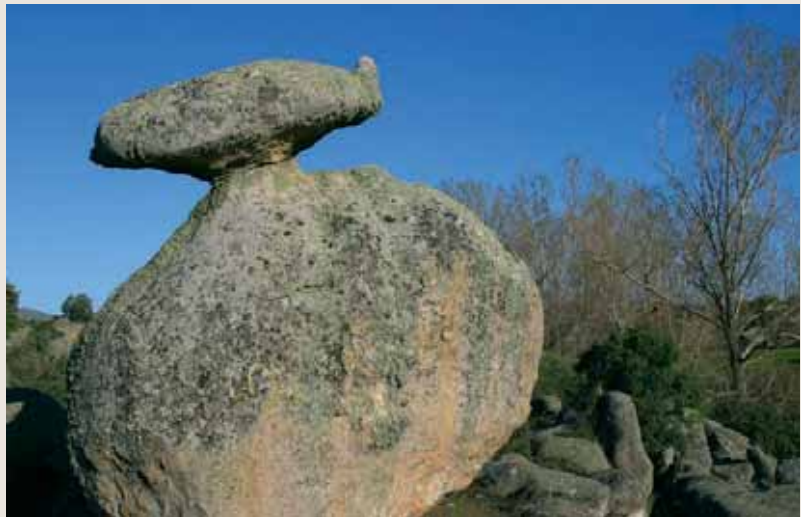


Figura 98.(B) Piedras caballerías; Piedra de la Caperuza, Zarzuela del Monte.

piedemontes



- **Bloques hendidos.** Se trata de bolos y bloques que aparecen 'partidos' o compartimentados verticalmente. La superficie de rotura suele ser bastante plana, coincidente con discontinuidades de la roca. Se refieren normalmente como peñas 'cachadas' o 'cachás'.

Figura 98.(A) Bolos y bloques; A2, Piedra de Los Cuatro Torreznos, Zarzuela del Monte.

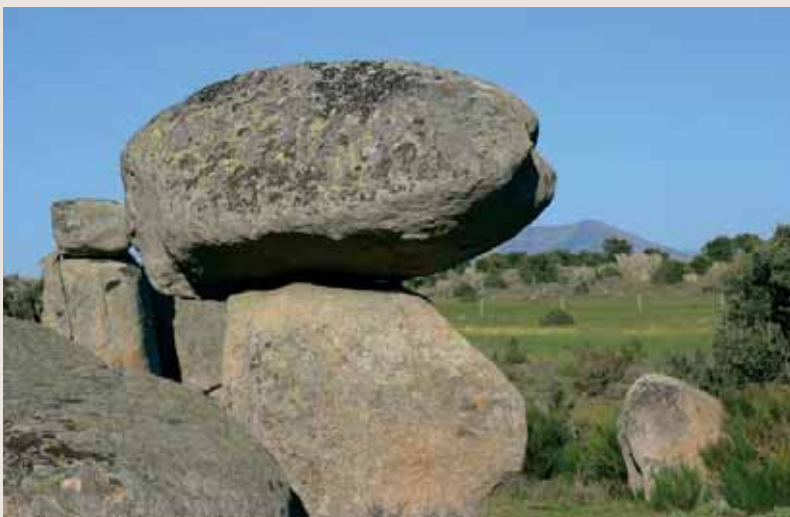


Figura 98.(C) Roca pedestal o roca seta en las inmediaciones de Berrocoto, Zarzuela del Monte.



Figura 98.(D) Abrigos y paredes invertidas en una alineación de bloques; inmediaciones de Berrocoto, Navas de San Antonio.

- **Rocas pedestal o rocas seta.** Su denominación atiende a la expresiva similitud que tienen con un hongo, donde un bloque con forma de laja es sostenido por un 'tallo'. La erosión del tallo se produjo en gran medida bajo tierra, es decir en un momento en que la superficie del suelo coincidía con la base de la laja.

- **Abrigos y paredes invertidas.** Se trata de concavidades que aparecen en la base de bolos y bloques. Al igual que las rocas pedestal o rocas seta, se forman bajo la superficie del terreno. En todo caso, lo cierto es que la concentración de humedad en la base de los bloques, en condiciones atmosféricas, favorece, o continúa su erosión (denominada desagregación granular). Son comunes en la base de bloques alargados, y en algunos casos tienen dimensiones en las que caben una o



Figura 98.(E) Piedra de La Ventana, Zarzuela del Monte.

piedemontes

varias personas, como sucede en la Piedra de Los Siete Rosarios. De nuevo en Zarzuela del Monte encontramos otra interesantísima singularidad. Es muy común que estas cavidades estén cerradas artificialmente con apilamientos de piedras, hasta desarrollar verdaderos pequeños habitáculos, denominados 'cocinillas'.

- **Tafoni.** Este término procedente de Córcega significa perforación o ventana. La denominación ha sido tomada por la geomorfología para referir 'cavidades' y huecos que aparecen en superficies rocosas de mucha pendiente, prácticamente verticales, ya sea de bloques o de paredes. Ello origina con frecuencia formas en extraplomo (aleros, viseras, solapos, incluso pequeñas cuevas).

Al igual que abrigos, rocas seta o pedestal, y formas rocosas similares a paneles de abeja, los *tafoni*, se forman por una descomposición y desagregación de la roca por acción del agua, bajo y sobre la superficie del terreno, y aprovechando zonas de debilidad de las rocas (fracturas, minerales menos resistentes). La distinción entre unos y otros a veces es difícil. Normalmente, los *tafoni* son cavidades menores incluidas en abrigos y rocas seta, pero también éstos pueden proceder del ensanchamiento de los primeros. Cuando la pared interna de un *tafoni* atraviesa todo un bloque, o bien se produce la intersección de dos en paredes opuestas, aparecen magníficas ventanas naturales, como la Piedra de La Ventana, en Zarzuela del Monte.

- **Pavimentos rocosos.** Son superficies rocosas lisas, normalmente coincidentes con planos de lamamiento (lanchares), compartimentadas a su vez por discontinuidades verticales, lo que otorga al conjunto un aspecto de verdadero 'pavimento'. Existen buenos ejemplos en las proximidades de los Berrocotos, y cerca de La Piedra de la Caperuza.

- **Pilas y pilancones.** Esta denominación, también utilizada para las pozas o bodones de los ríos, refiere pequeños cuencos o depresiones, con distintas formas en planta (circular, elíptica o irregular) y en sección (cóncava, de fondo plano, en sillón). En el siglo XVIII, se pensaba en Gran Bretaña que estas depresiones tenían un origen humano, relacionado con ceremonias druídicas. La explicación científica es menos apasionante, e interpreta que se forman a partir de pequeñas irregularidades, que permiten la acumulación de agua. La debilidad de la roca puede deberse a la existencia e intersección de fracturas, pero en otros casos aparecen sobre grandes lanchas sin fracturar. La concentración de humedad favorece la desagregación granular de minerales, y ensancha progresivamente la cavidad. El material descompuesto se vacía de la pila por distintos medios, como rebose del agua cuando llueve, o incluso por el viento. Son comunes en toda la comarca sobre la superficie de bolos, bloques y lanchas, y son muchas las cavidades del tipo 'pilas en sillón', como el expresivo Sillón del Obispo, en Zarzuela del Monte.



Figura 98.(F) Pavimento rocoso, Villacastín.



Figura 98.(G) Pila en forma de sillón, Zarzuela del Monte.



Figura 98.(H) Surcos y acanaladuras (asperones) en la superficie de un bloque, Zarzuela del Monte.

- **Surcos y acanaladuras.** Son pequeños canales y ranuras alargadas, normalmente de unos pocos centímetros de anchura y profundidad, que se desarrollan en superficies rocosas de bastante inclinación. Se originan más por fenómenos de erosión química (alteración) que física (escorrentía del agua de lluvia). Una vez que se forma un pequeño canal, éste tiende a captar el agua que escurre por la superficie rocosa, aumentando la humedad en estas zonas y favoreciendo su ensanchamiento y la colonización de líquenes. Son muy poco frecuentes en todo el piedemonte. Los mejores ejemplos aparecen en bloques que culminan pequeños relieves de tipo *tor*. Se refieren en la comarca con la excelente denominación de 'asperón(es)': piedra empleada para 'amolar', es decir sacar corte o punta a un arma o instrumento.

- **Roturas o grietas poligonales.** Consisten en superficies rocosas, rugosas y duras, a modo de 'corteza de pan'. Estos endurecimientos aparecen normal-

piedemontes

mente siguiendo discontinuidades casi verticales, como diaclasas. En ellos aparecen concentraciones de minerales distintos (por ejemplo óxidos de hierro), o bien los mismos que componen el granito pero en proporciones distintas (por ejemplo cuarzo), y que son normalmente más resistentes a ser erosionados. Ello explica el hecho de que se conserven en la superficie de bloques, ya que la roca existente a su alrededor se erosiona más fácilmente, mientras las 'cortezas' permanecen. En ocasiones tienen forma de 'seta' u 'oreja', por lo que también se llaman 'setas de pared' y 'orejones'.



Figura 98.(I) Roturas o grietas poligonales en las proximidades de Berrocoto, Navas de San Antonio.

Topónimos y formas graníticas en el suroeste provincial

Pocos paisajes como los graníticos muestran una relación tan clara entre toponimia y formas del terreno. Los mapas topográficos 1:50.000 y 1:25.000 en que queda incluido el piedemonte granítico del suroeste segoviano constituyen un buen ejemplo. Pero además de la toponimia, los nombres populares, en muchos casos sobre formas de detalle y por tanto no recogidas por los mapas, son una fuente inapreciable de información. Algunos municipios son extraordinariamente ricos en denominaciones de formas graníticas, como Zarzuela del Monte. La tabla de la página 170 muestra los términos 'académicos' (en castellano e inglés) de las formas graníticas más comunes, y su relación con la toponimia y los nombres locales del piedemonte del suroeste segoviano.

DENOMINACIÓN GEOMORFOLÓGICA EN CASTELLANO	DENOMINACIÓN GEOMORFOLÓGICA EN INGLÉS	DENOMINACIÓN LOCAL (GENÉRICA)	TOPÓNIMOS RECOPIADOS PARA EL PIEDEMONTE DEL SUROESTE
FORMAS DEL TERRENO			
Montes isla acastillados	<i>Castle koppies Boulder inselberg</i>	Berrocoto Cancho	Berrocoto (Zarzuela del Monte), Berrocoto (Navas de San Antonio), Berrocotón, Berrocotillo
Torre de bloques	<i>Tor</i>	Cancho Peña Peñón	Cancho Tres Nuques, Cancho del Asperón, Peñón del Maragato, Peñón de los Colchones
Berrocales, pedrizas	<i>Craggy terrain</i>	Berrocal Peñascal	El Berrocal, El Berrueco, Peñascal del Cuervo
Lanchares (tajamiento, exfoliación)	<i>Sheeting</i>	Lancha, lanchar, losa, losar	La Lancha, Los Lanchares, Lanchas de Navafelicha, Lancha del Tejo, La Losa, Nuestra Señora de la Losa, Fuente de La Losa
Zonas de arenización o alteración	<i>Regolith / grus lowlands</i>	Navas Navazos Prados	Navas de San Antonio, Navalvillar, Navalonguilla, Navaldrinal, Prado Navalzao, El Navazo, Navalobera, Navalondilla, Navalamata, Navafelicha, Nava del Maeyo, Navayuerto, Navacerbunilla, Navabellida, Nava de la Zarza, Navacaserá, La Nava de Arriba, Pradillos Largos, El Pradejón, Prado de San Antonio
Laderas graníticas	<i>Granitic slope topography</i>	Cancho, canchal, peña, peñón	Cancho de La Lucía, Peñón Gordo
Relieve residual lineal	<i>Ridge</i>	Guijo Guija	El Guijo, La Guija
FORMAS MENORES			
Bolos y bloques (aislados)	<i>Boulders</i>	Peña Piedra	Piedra del Huevo, El Huevo, Peña del Coche, Piedra del Tamboritero, Piedra del Carnero
Piedras caballeras	<i>Balancing rock, Balanced rock, loganstone</i>	Piedra Peña	Piedra del Sombrero, Piedra de la Caperuza, Peña de la Botella
Bloques hendidos Rocas hendidas	<i>Split boulder</i>	Peña	Peña Cachá, Peña Cachada
Roca pedestal Roca seta	<i>Mushroom rock Hoodoo rock</i>		
Abrigos, paredes invertidas	<i>Flared slopes</i>	Cocinillas	Cocinilla de La Fuente del Caño Piedra de Los Siete Rosarios
<i>Tafoni</i>	<i>Tafoni, tafone</i>		Piedra de la Ventana
Pavimentos rocosos	<i>Rock pavements Ruwares</i>	Lanchares	
Pilas Pilancones 1 - en sillón 2 - de fondo cóncavo 3 - de fondo plano	<i>Rock basin, weathering pits, gnammas (1) armchair shaped (2) pit (3) pan</i>	Pilas (1) Sillones	 (1) Sillón del Obispo
Surcos, acanaladuras	<i>Rills, gutters, grooves</i>	Asperón	Piedra del Asperón
Roturas o grietas poligonales	<i>Case hardening</i>		

Equivalencias entre denominaciones académicas y populares de las formas graníticas más comunes en el suroeste de la provincia de Segovia. Los topónimos han sido recopilados a partir de mapas topográficos a distintas escalas y consultas a la población local.

Un verdadero filón (de inspiración)

Las formas graníticas ofrecen con mucha frecuencia configuraciones llamativas, curiosas, enigmáticas. Algunas son fácilmente asimilables a animales u objetos, y también a formas humanas. Esta particularidad condiciona la existencia de numerosas leyendas, relatos e historias sobre las mismas, las cuales constituyen un verdadero legado cultural. Pero además, estas morfologías tienen un indudable valor como fuente de inspiración artística, concretamente fotográfica y pictórica.

La denominada 'Sierra de Zarzuela' (que en realidad es un piedemonte) es extraordinariamente variada en formas graníticas singulares. Pero más que su propia singularidad geomorfológica, sorprende el amplio desarrollo de los dos aspectos apuntados: la riqueza de historias, relatos, cuentos y leyendas, así como una excepcional obra pictórica, existentes sobre las mismas. En ambos casos tenemos que destacar la inestimable labor de Ángel Pérez Dimas, pintor artístico natural de Zarzuela del Monte, artífice por un lado de recopilar, editar y divulgar los relatos y leyendas relacionados con las formas graníticas más curiosas de Zarzuela del Monte (Pérez Dimas y Piñuela, 2005), y por otro de inmortalizarlas mediante su pintura, en la que ha sabido captar la verdadera esencia de la geomorfología granítica de este entorno (figura 99).

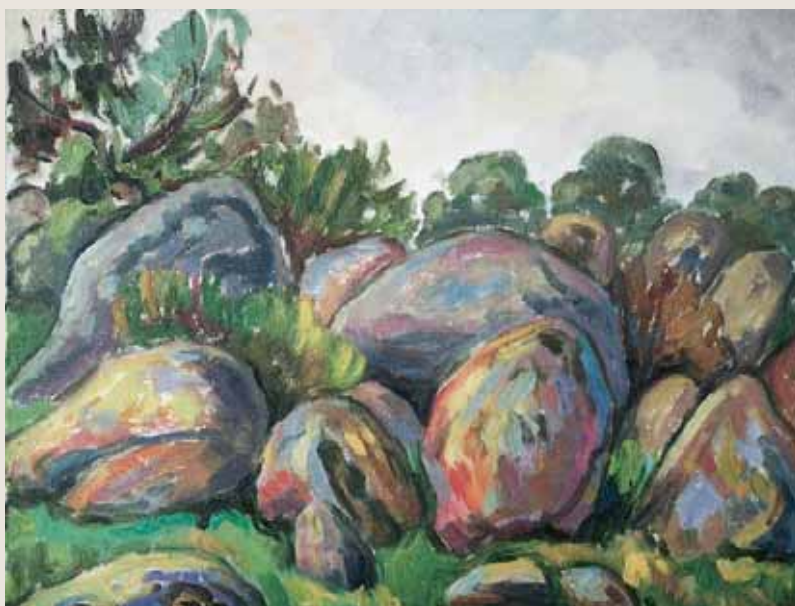


Figura 99. 'Piedras'. Óleo sobre tela (48 x 38 cm), de Ángel Pérez Dimas. El cuadro forma parte de una serie específica de este autor sobre el paisaje granítico de Zarzuela del Monte.

Para saber más: AREVA (2001); Centeno (1988); Fernández (1987); ITGE (1990); ITGE (1991, a y b); Pedraza *et al.* (1989); Pedraza *et al.* (1996); Thomas (1974); Pérez Dimas y Piñuela (2005); Vidal Romani y Twidale (1998).

LAS COSAS AL REVÉS. FALLA INVERSA DE ZARZUELA DEL MONTE

Un talud de la carretera N-110 cerca de su punto kilométrico 220, a poco más de un kilómetro de la localidad de Zarzuela del Monte, muestra una estructura geológica excepcional. Se trata de una falla inversa, según la cual unos granitos (que forman el basamento o zócalo) 'cabalgan' por encima de un material arenoso (que forma la cobertera sedimentaria).

Algunas nociones esenciales

Las **fallas** son fracturas en los cuerpos rocosos a lo largo de las cuales se ha producido un desplazamiento de alguno de los bloques que separa la discontinuidad. Este deslizamiento puede oscilar desde unos pocos centímetros hasta cientos de kilómetros. El movimiento entre ambos lados de la fractura ocurre normalmente con liberación brusca de energía (siendo el origen más común de los terremotos), pero también por un lento deslizamiento de un bloque con respecto a otro.

La que describiremos aquí es una **falla inversa**, que significa que las rocas que quedan por encima de la superficie de la falla se elevan en relación con las que se sitúan por debajo de dicho plano. En las fallas normales, por el contrario, las rocas que están por encima del plano de falla se han movido hacia abajo (con respecto a las que quedan por debajo de la falla). Más concretamente, la falla inversa de Zarzuela del Monte es de tipo **cabalgamiento**: falla inversa con una inclinación muy baja, de manera que el desplazamiento del bloque situado por encima del plano de falla es casi horizontal.

Las fallas inversas suelen ser el resultado de 'compresiones horizontales', con el máximo esfuerzo perpendicular a la dirección de la falla. E implican un 'acortamiento' y 'engrosamiento' de la corteza, respecto a la situación anterior. Estos conceptos pueden parecer abstractos, pero para comprobar cómo se forman las fallas inversas, basta que pruebes a 'comprimir' una plancha de gomaespuma que previamente ha sido cortada en uno o varios sitios con un cuchillo. También sirve el símil de las tejas, ligeramente montadas y sometidas a compresión. El resultado es que una (o varias) de ellas, 'literalmente', monta o cabalga sobre la otra, produciendo un engrosamiento y un acortamiento del conjunto respecto a la situación inicial. Algo tan simple como esto es lo que sucede en los cabalgamientos.

Señalemos ahora que al conjunto de rocas ígneas y metamórficas que componen la corteza continental se le denomina **basamento** (o **zócalo**), precisamen-

pie demontes

te porque nada de lo que vemos en superficie nos aporta información acerca de la profundidad hasta la que pueden llegar. Los granitos y gneises del entorno de Zarzuela del Monte, Villacastín y Navas de San Antonio son rocas del basamento, y su profundidad puede alcanzar los 30 ó 40 kilómetros. El basamento aparece en la superficie terrestre en escudos, sistemas montañosos antiguos y macizos. Pero en más de tres cuartas partes de la superficie terrestre se encuentra cubierto por sedimentos. Precisamente porque cubren el basamento, a estos terrenos sedimentarios se les llama **cobertera**. Las rocas sedimentarias de la provincia de Segovia, incluidas las arenas sobre las que se asientan Zarzuela del Monte, Monterrubio o Ituero y Lama son 'cobertera'.

Llegados a este punto, señalemos que lo interesante de la localización que vamos a describir es, precisamente, que las cosas están al revés: el basamento está sobre la cobertera (Figura 100).

El interés didáctico de esta localización

Exposiciones o afloramientos como la falla de Zarzuela del Monte tienen un altísimo interés didáctico, ya que permiten realizar hipótesis e interpretaciones a aficionados y estudiosos de la Geología.

La primera interpretación que puede realizarse es precisamente por qué es una falla inversa. Para ello, la única información que se requiere conocer es que los granitos (situados sobre la falla) son más antiguos que las arenas que se sitúan por debajo. Según lo dicho anteriormente, la posibilidad de que unas rocas más antiguas se sitúen sobre otras más modernas, separadas por una discontinuidad nítida, se resuelve en este caso si ha habido un cabalgamiento.

La segunda interpretación trata sobre la edad de la falla. Para ello hay que aplicar un principio muy básico pero muy útil de datación relativa en geología: las fallas son más recientes que las rocas que cortan. De esta manera, podemos saber que la edad de la falla es, al menos, más reciente que la de las arenas que cortan.

Para los familiarizados con la geología regional, otro hecho que llama la atención aquí es la ausencia de rocas sedimentarias cretácicas entre los granitos y las arenas, ya que la norma en todo este entorno es que sobre los granitos y gneises del basamento aparezcan arenas, arcillas, calizas y dolomías (del Cretácico superior), y sobre éstas gravas y arenas 'terciarias'. Si el segundo conjunto no aparece entre los granitos y las arenas quiere decir que el bloque elevado de la falla, el que 'cabalga', ha 'superado' todo el espesor del Cretácico.

Finalmente, como consecuencia de las enormes presiones y esfuerzos a las que estuvieron sometidas las rocas a esta zona de fricción, éstas tienen modificadas sus propiedades. Sobre todo los granitos, que aparecen deformados y triturados.

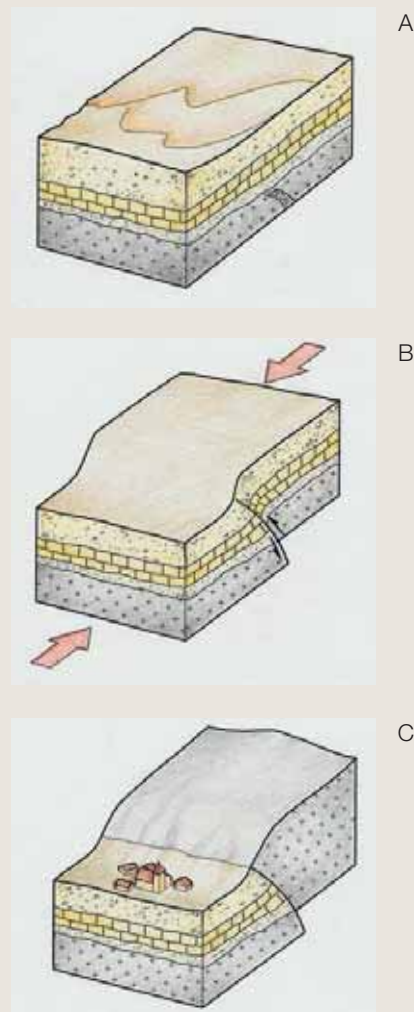


Figura 100. Esquema que muestra la formación del cabalgamiento de Zarzuela del Monte. A) La cobertera de sedimentos yace sobre un basamento fracturado; B) el conjunto es comprimido horizontalmente y el bloque de basamento situado sobre la falla cabalga sobre el otro. C) Se erosiona la cobertera que existía sobre el bloque elevado y el basamento aparece sobre los sedimentos del bloque hundido.



Figura 101. Cabalgamiento del basamento de granitos (grises, a la derecha) sobre unos sedimentos arenosos más recientes (tonos anaranjados, a la izquierda). El talud de la carretera no es perpendicular al trazado de la falla, de manera que éste aparece con una inclinación menor a la real. De igual manera que si vieras un corte en la vertiente de un tejado que no fuera hecho en el sentido de su máxima inclinación. (Foto: A. Carrera).

Interés científico y patrimonio desaprovechado

La posibilidad de observar con nitidez un cabalgamiento del basamento hercínico del Sistema Central sobre alguna de las dos cuencas sedimentarias principales que lo bordean, Duero y Tajo, es muy escasa. Por ello, este afloramiento, en el que el borde norte del piedemonte del Guadarrama cabalga sobre los sedimentos terciarios, puede considerarse claramente extraordinario. Localizaciones como ésta son las que permiten establecer hipótesis sobre la formación del Sistema Central, y relacionarlo con eventos de tectónica global.

En contraste con la excepcionalidad del afloramiento que estamos describiendo, llama la atención que una localización como ésta pase desapercibida, y no tenga un mínimo de infraestructura que posibilite su mayor aprovechamiento científico y didáctico. Bastaría para ello con habilitar un pequeño lugar de aparcamiento (cosa fácil aquí, ya que queda un tramo de carretera abandonado justo enfrente), una señalización en la carretera, y un pequeño panel explicativo.

Expresión topográfica y morfológica

Aunque nos estamos refiriendo a la localización de la falla en el talud de la carretera N-110 en las proximidades de Zarzuela del Monte, es preciso saber que el cabalgamiento del zócalo sobre la cobertera se produce en esta zona a partir de varias fallas entre Villacastín, Zarzuela del Monte y Vegas de Matute. Y que éstas son visi-

piedemontes

bles en localizaciones muy próximas. Por ejemplo, en la carretera que une Zarzuela del Monte con Navas de San Antonio, a menos de un kilómetro de Zarzuela en dirección a Navas. También en distintos arroyos que cortan perpendicularmente la falla, desde Zarzuela hasta Vegas de Matute. O en el camino que sube desde Zarzuela a la ermita de San Antonio del Cerro, lugar en el que pueden observarse incluso los estratos Cretácicos a los que nos referíamos con anterioridad, cabalgados e invertidos.

Cuando una falla, o un sistema de fallas, separan rocas muy distintas, con distinto comportamiento ante la erosión, el resultado es la erosión preferente de uno de los dos conjuntos (**erosión diferencial**). Ello da lugar a una ladera bastante rectilínea, denominada **escarpe de falla o escarpe tectónico**. En este caso, la falla separa unas rocas graníticas (en general bastante resistentes) de unas arenas y arcosas, mucho más fácilmente erosionables. Por tanto, en la zona de contacto entre ambas, y prácticamente dibujando el trazado de la falla, aparece un magnífico escarpe tectónico, a modo de 'escalón', que separa la superficie del piedemonte y los relieves de los Calocos, de la cuenca sedimentaria en el entorno de Zarzuela del Monte. Este escarpe es muy visible en campo y desde el aire, y además supone cambios drásticos en la vegetación natural y los usos del suelo, que lo resaltan aún más (figura 102). Este 'escalón' está muy bien definido entre Zarzuela del Monte y Vegas de Matute, y llama la atención la abundancia y coincidencia del topónimo 'cuesta' para referirse a este accidente: Cuesta del Cerrón, Cuesta Colorada, Cuesta del Barrio, Cuesta de las Serias, Cuesta de la Hoya.

Para saber más: Birot y Solé (1954); ITGE (1990); Martín Escorza (1980); Sudriés (1982).

A



B

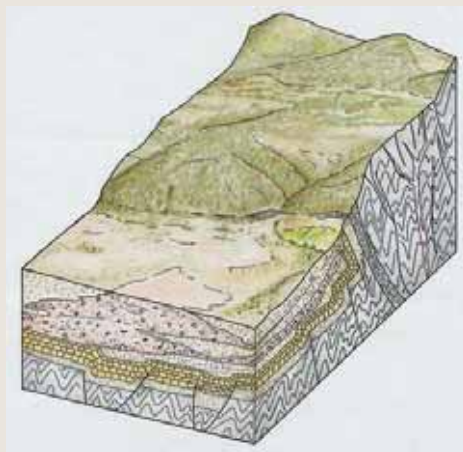


Figura 102. A) Fotografía aérea oblicua del cabalgamiento en el entorno de Vegas de Matute. (Foto: A. Carrera). B) Bloque diagrama que representa la estructura del cabalgamiento al pie de los Calocos, así como su expresión topográfica debida a erosión diferencial. Para una correcta interpretación de este segundo aspecto, es preciso tener en cuenta que el propio trazado de la falla ha sufrido erosión, de manera que la ladera aparece ahora inclinada en sentido contrario al plano de falla.

LOS ABANICOS DE LA MUJER MUERTA

Conos y abanicos aluviales



Un **abanico aluvial** es una acumulación de sedimentos fluviales en la base de un frente montañoso, cuya superficie tiene forma de 'abanico abierto'. Éste se abre radialmente a partir de un punto en el que un arroyo emerge desde una zona elevada a una llanura, valle o depresión.

Los ríos y torrentes que originan los abanicos aluviales transportan grandes cantidades de sedimentos. Esto sucede, normalmente, después de episodios de lluvias torrenciales intensas sobre áreas montañosas en las que existe una cierta facilidad para erosionar el suelo y el sustrato. A escala muy reducida, el proceso de formación de pequeños abanicos puede observarse en muchos taludes arenosos artificiales, al pie de pequeños regueros, también después de intensas precipitaciones. El proceso es similar en todos los casos, y la sedimentación se produce como consecuencia del cambio brusco que supone que una corriente con agua y sedimentos, que desciende encauzada por una pendiente elevada, pase a una zona llana y abierta. La pérdida de 'encauzamiento' del canal y el descenso de velocidad que se produce al llegar a la llanura hacen que los materiales que transporta el agua se acumulen con forma de sección de cono, con el vértice situado a la salida del arroyo. Por esta razón también se denominan **conos aluviales**. La salida del arroyo a la llanura se produce en un punto más o menos fijo (ápice), pero su posición sobre el resto del abanico cambia con el tiempo, a modo de barrido. Ello origina una forma radial a partir del vértice.

Por buscar una comparación que ayude a entenderlo un poco más, los abanicos aluviales serían en cierto modo similares a deltas, si bien sus diferencias son obvias: los segundos sedimentan en mares y lagos, y depositan sobre todo materiales 'finos' (arcillas y limos), mientras que los primeros sedimentan al pie de relieves montañosos y están formados normalmente por materiales más 'gruesos' (gravas y arenas). Pero en ambos casos se trata de corrientes fluviales que sedimentan en 'cuencas' o depresiones, produciendo morfologías similares.

Los abanicos aluviales se desarrollan más favorablemente a partir de una serie de condicionantes, entre los cuales aparecen:

- Abundancia de materiales fácilmente erosionables en la zona montañosa; bien por su falta de compactación (como por ejemplo morrenas glaciares), bien por la inexistencia de cubierta vegetal, lo cual favorece la erosión. Por el contrario, tienen dificultad para formarse en zonas de rocas muy duras, más aún si están cubiertas por vegetación.

- Existencia de un relieve adecuado. El ejemplo típico para la formación de un

Figura 103. En la zona superior de la ladera de la Mujer Muerta, la mezcla de aguas de fusión de la nieve y materiales procedentes del suelo y de los canchales forman 'flujos de derrubios', que se depositan en la base de esa misma ladera. (Foto: Justino Diez)

pie demontes

abanico es un frente montañoso levantado respecto a un valle, llanura o piedemonte por una falla, a partir de la cual se produce una elevación de la montaña o un 'hundimiento' (subsistencia) del valle.

– Un clima propicio. Los abanicos aluviales son más comunes en climas áridos y semiáridos, porque la erosión de las zonas montañosas es más fácil al no existir vegetación. Pero también aparecen en climas húmedos (por ejemplo en regiones montañosas que han sido glacializadas, y en las que por tanto hay una gran disponibilidad de sedimentos).

La Mujer Muerta

La base de los frentes montañosos de umbría de la sierra de la Mujer Muerta muestra dos buenos ejemplos de abanico aluvial. Uno de ellos se forma a partir de la zona de confluencia del río Milanillos con el arroyo de la Becea, y el otro a la salida de la cuenca de recepción torrencial del Arroyo de la Pedrona (figura 104). En ambos casos, los factores que han favorecido su formación han sido:

– La abundancia de materiales 'suelos' (canchales) que, de forma casi generalizada, recubren una gran parte de las laderas de estas sierras. Estos fragmentos de roca, si bien no son fácilmente 'movilizables' (debido a su gran tamaño), sí que lo son bajo determinadas circunstancias, debido a que no están compactados (unidos entre sí) y a que no existe una cubierta vegetal que dificulte su erosión y transporte.

– La existencia de un relieve propicio, es decir un bloque montañoso elevado casi mil metros sobre una llanura inmediata (piedemonte).

– Una altitud elevada, que supera los 2000 metros. Ello favorece precipitaciones abundantes, buena parte de ellas en forma de nieve, y fenómenos torrenciales asociados a tormentas, que se intensifican con la orografía.

Teniendo en cuenta esas condiciones, la sedimentación que dio lugar a estos abanicos de la Mujer Muerta no habría sido la más típica de un cono aluvial; es decir, arroyos torrenciales cargados de sedimentos que emergen desde frentes montañosos a cuencas sedimentarias, en climas áridos y semiáridos. Todo indica, por el contrario, que otro proceso habría sido determinante en esta localización. Nos referimos a la sedimentación que se produce a partir de corrientes que tienen una viscosidad muy alta. En este caso el material transportado sería una mezcla de barro y bloques semejante al hormigón reciente. Son las denominadas **flujos de derrubios**, o **debris flow**, proceso común en muchas zonas montañosas. En las umbrías de la sierra de la Mujer Muerta, los flujos de derrubios se habrían formado a partir de la mezcla de aguas de fusión de la nieve y materiales procedentes del suelo y de los canchales.

A



Figura 104. A) Idealización del abanico aluvial de la base de la umbria de la Mujer Muerta, a la salida de la cuenca de recepción torrencial del Arroyo de la Pedrona.

En la actualidad, estos dos abanicos aluviales están incididos o encajados (excavados) por ríos y arroyos. Este hecho pone de manifiesto que nos encontramos en un periodo en el que las condiciones ambientales no favorecen los procesos de sedimentación que dieron lugar a estos abanicos, sino por el contrario su erosión. El mismo suceso demuestra que ambos abanicos no son 'actuales', sino que se formaron en un periodo de tiempo anterior a los últimos cientos o miles de años, sin que sea posible precisar más a la vista de esta simple observación.

Los abanicos aluviales del 'Terciario'

Los abanicos aluviales no son comunes actualmente a los pies de la Sierra de Guadarrama. Sin embargo lo fueron durante todo el 'terciario'. Durante este periodo se produjo la elevación principal de la sierra, a partir de grandes fallas. Los relieves que se elevaban iban siendo erosionados, y los materiales se sedimentaban a su pie en forma de grandes abanicos aluviales, que rellenaron la Cuenca del Duero por el sur. En definitiva, si tuviéramos que extraer una idea esencial aquí, ésta sería la siguiente: las rocas sedimentarias que forman las actuales campiñas segovianas son depósitos de abanicos aluviales.

piedemontes



Figura 104. B) Fotografía aérea oblicua de la misma localización. (Foto A. Carrera)



UN AUTÉNTICO DESFILADERO: LA RISCA DE VALDEPRADOS

En todos los años que llevo en la región de los cántabros, todavía estoy por ver una caída o movimiento de rocas, producida de forma natural —por decirlo de alguna manera, aparte de las producidas por las inundaciones. Para convencerme a mi mismo de la realidad del cambio, y por tanto del tiempo, algunas veces empujo una piedra desde el borde del acantilado de un cañón, la miro como desciende, y espero a ver el resultado de su impacto y desintegración. En realidad, trato de verificar las hipótesis de la formación de las morfologías geológicas, pero la verdad es que no estoy enteramente convencido. (Abbey, 1968, p. 194)

Las **gargantas** son valles estrechos, con perfil característico en forma de V, en los cuales la altura de las laderas es mayor que la anchura. Las gargantas son formas de erosión típicas de cursos fluviales desarrollados sobre rocas duras y resistentes. Estas rocas hacen posible que los ríos excaven sin que las laderas se desmoronen, o ‘retrocedan’, lo que ampliaría la anchura del valle.

Los terrenos de la provincia de Segovia formados por rocas ígneas y metamórficas muestran buenos ejemplos de gargantas fluviales. Así sucede en las laderas de la Sierra (río Cambrones, Garganta del Moros) o en los macizos (río Eresma entre Carbonero y Bernardos o río Cega en Lastras de Cuéllar). Pero es en los piedemontes desarrollados sobre granitos, gneises y pizarras donde aparecen los ejemplos más destacados: río Moros cerca de Los Ángeles de San Rafael y en Valdeprados, ríos Peces y Frío en las proximidades de Navas de Riofrío, río Eresma entre el embalse del Pontón y Segovia, río Pirón en el puente de la carretera de Adrada a Losana, río Cega en el entorno de El Retamar (Navafria), y luego entre La Velilla y Pajares de Pedraza, río del Pontón entre Huerta y Sanchopedro, o arroyo del Puerto (Duratón) entre Las Rades y Sigüero.

Vistas en un mapa o desde el aire, estas gargantas suelen ser rectilíneas, ya que los ríos se adaptan al trazado de las fallas o fracturas del basamento, y éstas suelen ser rectas. En otros casos aparecen como una sucesión quebrada de tramos rectos, pero con distintas direcciones, ya que los ríos establecen su recorrido utilizando sistemas de fallas de distinta dirección. Sin embargo, también existen tramos de pequeñas gargantas del trazado sinuoso, en cuyo caso reciben el nombre de ‘hocinos’ u ‘hocejos’. Es el caso de los arroyos del Hocinillo y el Hocejo (entre Brieva y La Higuera), el Hocino, denominación que recibe un tramo del Arroyo San Medel en Espirido, o el río Hociquilla entre Martimuñoz de Ayllón y Becerril.

Abriendo tajos

Los ríos erosionan los terrenos sobre los que circulan por varios motivos, siendo

Figura 105. Dado que los gneises a los que corta el río Moros en La Risca son rocas muy duras y homogéneas, se forma una incisión muy estrecha. Vista aérea. (Foto: A. Carrera)

piedemontes

los más comunes una elevación de las zonas continentales o un descenso del nivel del mar. Entre otras razones, lo primero puede suceder por una compresión tectónica, y lo segundo por la acumulación de hielo en grandes casquetes glaciares. En ambos casos se produce un aumento de la pendiente en el cauce de los ríos, ya que el desnivel o diferencia de altitud entre sus zonas de nacimiento y desembocadura será mayor. Aunque todo esto es mucho más complejo, podríamos decir, simplificando, que entonces los ríos se ‘encajan’, o excavan su lecho, formando valles erosivos. Tal y como acabamos de señalar, si las rocas son duras y consistentes, los valles serán profundos y estrechos (gargantas).

En el caso de las gargantas segovianas, la causa de la erosión se encuentra en el levantamiento del Sistema Central y su entorno, debido a la ya citada varias veces orogenia Alpina. Para hacernos una idea de por qué los ríos excavan o erosionan aquí, pensemos que los piedemontes segovianos se sitúan a más de 1000 metros de altitud sobre el nivel del mar, y pensemos también que el mar no está demasiado lejos en comparación con otras zonas continentales.

Más en detalle, el proceso principal que produce la incisión de estos ríos sobre el sustrato por el que circulan es la **abrasión**. La acción abrasiva se produce por el ‘golpeteo’ de la arena y la grava que transporta una corriente de agua sobre el fondo y las paredes de un cauce o canal, tanto más efectiva cuando mayor es la velocidad de la corriente.

El proceso es similar a la acción que ejercen las sierras de cable, con hilos de diamante, utilizadas para cortar grandes bloques de piedra en las canteras. Según este símil, si la roca se eleva, o el hilo desciende, la acción abrasiva produce una hendidura. Tanto más estrecha cuando más dura y homogénea sea la roca, ya que no se desintegrará o romperá en las proximidades del corte.

Un ejemplo espectacular de encajamiento fluvial por abrasión lo ofrece el río Moros en el paraje La Risca, en Valdeprados. El tajo que forma el río en esta localización tiene unos 250 metros de largo, más de 30 metros de altura, y apenas unos pocos metros de anchura. Tan vertical y estrecha es la hendidura que podríamos hablar, más que de una garganta, de un auténtico **desfiladero**: “paso estrecho entre paredes más bien verticales”; quizás el único de la provincia de Segovia con estas características, aunque no tengamos noticias de que ninguna tropa haya tenido que reducir el frente de su formación para poder pasar ‘en fila’ por este lugar, situación a la que parece deber su nombre esta singular forma fluvial.

La acción abrasiva producida por las arenas y gravas transportadas por la corriente se produce sobre todo en épocas de crecidas. Los efectos de una crecida en un tramo fluvial tan estrecho como éste son colosales, ya que un gran caudal tiene que pasar por una sección muy estrecha. Así las cosas, y según nos informó la población local, durante las crecidas del río Moros en este tramo “se oye el ruido en Valdeprados”.

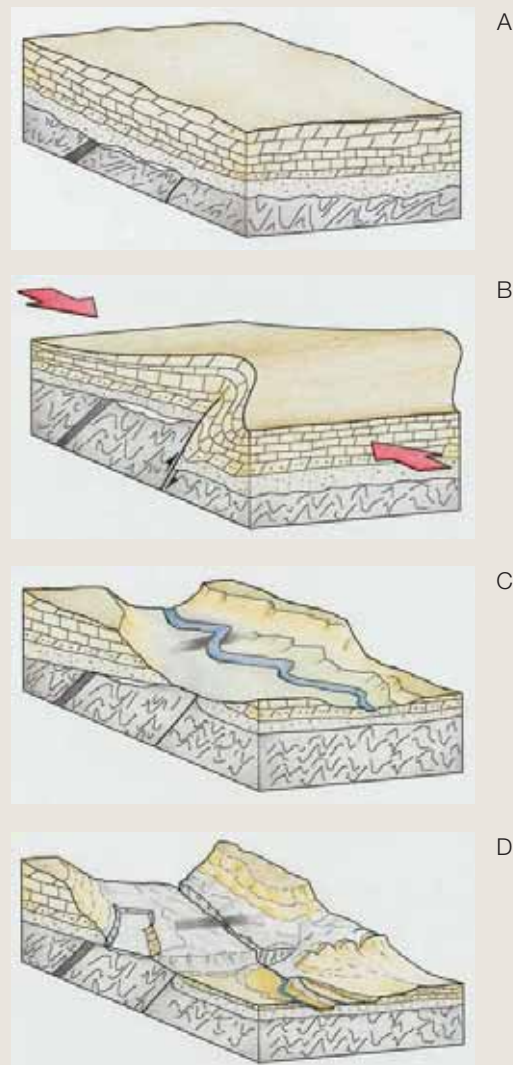


Figura 106. Formación de la Risca de Valdeprados. A y B) Formación de un cabalgamiento similar al de Zarzuela del Monte. C y D) Debido a la elevación del sustrato, en un entorno en el que ya existía un curso de agua, el río Moros ‘corta’ o ‘sierra’ el sustrato como un cuchillo inmóvil corta una tarta que se eleva bajo el mismo.



Los efectos de esa acción abrasiva son claramente visibles en el fondo del canal de La Risca, de manera que las rocas que forman el lecho ofrecen un aspecto 'pulido'. Más evidente cuanto más duras son las rocas, como sucede en algunos diques de aplita que atraviesan el macizo de gneises. Otras formas típicas de abrasión que aparecen aquí son los denominados 'gubiazos', o 'golpes de gubia', por su similitud con las hendiduras producidas por la gubia (formón de media caña, delgado, que usan los carpinteros para labrar superficies curvas). Pero sin duda las formas de abrasión fluvial más características que aparecen en el fondo de esta garganta son las marmitas de gigante (cuya formación se explicó en la página 117).

Respecto a las paredes del desfiladero, los acantilados verticales de La Risca muestran un buen ejemplo del control que ejerce sobre las formas de detalle el sistema de 'diaclasado' de las rocas. En este caso, aparece un patrón dominante de diaclasas según dos planos verticales casi perpendiculares, que compartimenta el macizo rocoso en una especie de 'romboedros' verticales. De esta manera, cuando se producen caídas y desprendimientos de rocas desde los acantilados,



Figura 107. A, B y C. Panorámicas de campo de la Risca de Valdeprados. (Fotos: A. Carrera)

piedemontes

las formas que quedan asemejan una especie de almenas dentadas, o en zig-zag.

Clima muy cálido y húmedo en Vegas de Matute

Muy cerca de La Risca, sobre su margen izquierda, se sitúan unas antiguas canteras de caolinita. La caolinita es un tipo de arcilla común, formada a partir de la descomposición de feldespatos y micas en climas muy húmedos y cálidos. La entidad de este mineral en algunas localizaciones de la provincia, como en Vegas de Matute, hizo que tuviera un valor suficiente como para ser explotado. Pero ¿cómo es posible que se haya formado caolinita en Vegas de Matute? En efecto, sólo si en el pasado existió un clima cálido y húmedo en este entorno.

Para saber más: AREVA (2001); Fernández (1987); ITGE (1990); Martín Duque (1997).



THE GALLEGOS THRUST

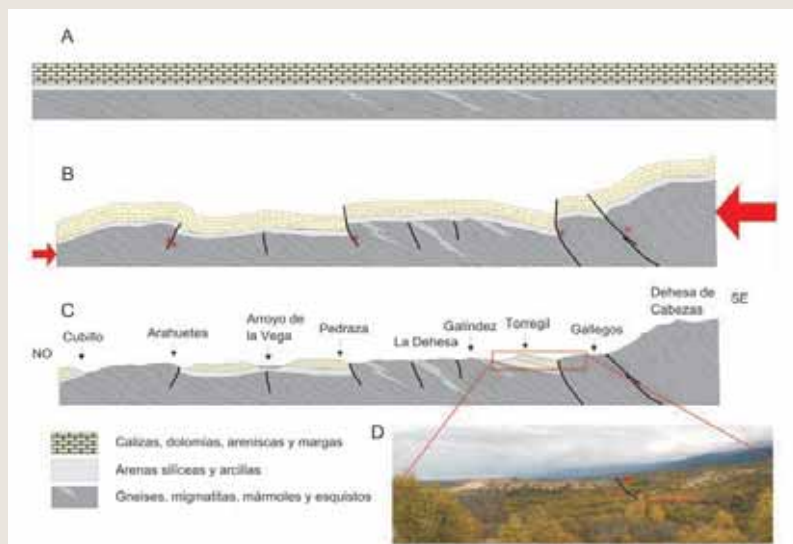
El enunciado que recoge el título está incluido en una publicación sobre el Sistema Central que ha tenido una cierta repercusión en el mundillo científico (Warbunton y Álvarez, 1989). Estamos tan acostumbrados a formas y localizaciones recogidos por la literatura geológica y geomorfológica anglosajona, en sus distintas versiones original o traducida (*Basin and Range, Colorado Plateau, Rift Valley, Falla de San Andrés...*), que nos resulta extraño que se puedan enunciar con los mismos fines localidades que nos son muy familiares. Y también que el interés de estos accidentes geológicos pueda superar el ámbito provincial.

En efecto, en las proximidades de Gallegos se sitúa otra localización con gran interés científico y didáctico. Es decir, otro de esos lugares con clara potencialidad para ser incluidos en una excursión de naturaleza 'geológica' o 'geomorfológica'. Nos referimos a las proximidades de Torregil.

La falla de Gallegos es de tipo inverso, y dado su bajo ángulo puede referirse también como cabalgamiento (en inglés *thrust*). El cabalgamiento lo produce el basamento de la Sierra de Guadarrama en este sector de los Montes Carpetanos, compuesto aquí por gneises glandulares, sobre una cobertera de sedimentos del Cretácico superior, formada por arenas, arcillas, gravas y dolomías.

Este cabalgamiento es similar en muchos aspectos al de Zarzuela del Monte, descrito en la página 173, con la diferencia de que allí cabalgaban granitos sobre

Figura 108. A) Con anterioridad a la elevación de la Sierra de Guadarrama, el basamento de gneises de la comarca de Pedraza estuvo totalmente cubierto por sedimentos. B) Sometido todo el conjunto a compresión, los bloques rígidos del basamento cabalgaron o se imbricaron unos sobre otros, cortando a la cobertera sedimentaria en varios sitios; en algunos casos, allí donde un bloque monta sobre se originaron pliegues con forma de 'rodilla', cuyo mejor ejemplo se encuentra más al Norte, en Sepúlveda. C) Todo el piedemonte fue erosionado, y solo algunos restos de cobertera permanecieron; en el entorno de Gallegos, éstos quedaron inclinados hacia la sierra, de manera que los estratos de dolomías que constituyen la superficie culminante del terreno en Torregil forman una 'cuesta'. D) Vista hacia el Este desde Torregil, mostrando el trazado de la falla y la cuesta. (Foto: A. Carrera)



pie demontes

arenas, y aquí lo hacen gneises glandulares sobre una cobertera de calizas, arenas y arcillas, a la que pliegan y cortan. Pero su origen es el mismo: la compresión sufrida por el centro de la península Ibérica como consecuencia del movimiento de convergencia entre las placas Euroasiática y Africana en el Neógeno.

Más allá de su observación puntual y aislada, la falla de Gallegos tiene un elevado interés porque permite comprender bien la estructura tectónica alpina del piedemonte de toda la comarca de Pedraza, una de las más variadas de todo el Sistema Central al estar formada por una serie de cabalgamientos 'imbricados' (es decir, con disposición similar a las de pizarra de un tejado).

Aunque todo esto pueda parecer complejo, lo esencial es más bien bastante simple. Retomando el ejemplo de las lajas de pizarra, imaginemos que éstas se disponen inicialmente unas a continuación de otras. Si las comprimimos se imbrican o 'cabalgan' entre ellas. Las discontinuidades entre lajas, que equivalen a las fallas inversas o cabalgamientos, tienden a orientarse perpendiculares a la dirección de máxima compresión. También como consecuencia de la imbricación de unas lajas sobre otras se produce un 'acortamiento' de la estructura o longitud inicial (figura 108).

Esta falla de Gallegos, que pone en contacto gneises y rocas sedimentarias, tiene gran repercusión en el paisaje: aparece como una línea 'nítida' que separa comunidades vegetales y usos del suelo distintos (figura 109).

Para saber más: González-Casado y De Vicente (1996); ITGE (1991c); Warbunton y Álvarez (1989).



Figura 109. La línea blanca representa el trazado de la falla de Gallegos. Ésta marca un cambio brusco en la vegetación, muy nítido a la izquierda de la imagen. En la parte superior aparece la localidad de Gallegos, sobre el piedemonte, con características navas a su alrededor. En primer término aparecen las ruinas de Torregil, sobre un pequeño cerro con forma de mesa inclinado hacia Gallegos (cuesta). (Foto: Justino Díez)

lastras y cuestras
arenosas



En contacto con las llanuras de la cuenca del Duero, pero formando aún parte del piedemonte, una banda de rocas sedimentarias del Cretácico superior (arenas silíceas y arcillas en la base, y calizas y dolomías sobre éstas) conforma unos terrenos de lastras y cuevas arenosas. El primer aspecto importante de este conjunto es el interés científico de la propia sucesión estratigráfica, rica en estructuras sedimentarias y fósiles, que permiten realizar interpretaciones apasionantes. Historias que hablan de grandes ríos que procedían de poniente y desembocaban en el mar de Tethys, de dinosaurios deambulando por zonas pantanosas, y de llanuras mareales y de fondos de mares tropicales, en los cuales se acumularon fangos que dieron lugar a las rocas dominantes de esta unidad, calizas y dolomías, y que caracterizan alguno de los monumentos más singulares de la ciudad de Segovia y su entorno (Catedral e iglesias románicas).

Bajo la influencia de climas húmedos, este tipo de terrenos 'calizos' suelen formar valles 'de disolución', o al menos zonas con numerosas depresiones, denominadas dolinas. Es lo que se conoce como 'topografía cársica'. Sin embargo, en el piedemonte segoviano, con un clima que en los últimos miles de años ha estado más próximo a la aridez, estos macizos rocosos aparecen formando resaltes topográficos de fisonomía tabular, que ofrecen una amplia variedad de lo que se denominan 'relieves estructurales': plataformas, mesas, cuevas, muelas, cluses... Mientras tanto, las formas del modelado cársico, aunque existen (Cueva de Enebralejos en Prádena, hundas de Arcones), son lo excepcional. Las escasas arcillas que quedan como residuo de la meteorización de estas rocas carbonáticas en superficie forman suelos muy poco profundos, y los afloramientos rocosos son muy frecuentes. Son los terrenos de 'lastras', impecablemente recogidos por la toponimia.

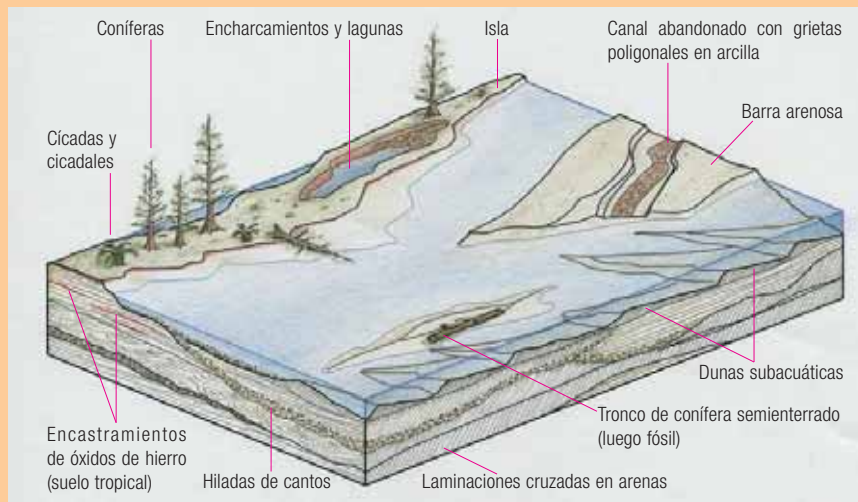
Aunque acabamos de señalar la escasa carstificación de estos terrenos, siempre tienen un cierto grado de disolución, que ha ensanchado las discontinuidades de la roca, haciendo que estos macizos se comporten como sustratos permeables. Ello quiere decir que la mayor parte de las aguas que precipitan sobre estas zonas se infiltra en el subsuelo, formando pequeños acuíferos. En superficie, su repercusión es la extrema sequedad de los paisajes de las lastras, con ausencia casi total de aguas superficiales (si exceptuamos el fondo de los valles).

Los ríos principales de la provincia de Segovia, que forman estrechas gargantas en las laderas y el piedemonte serranos, y amplias vaguadas en la cuenca, al llegar a estos terrenos originan valles de paredes verticales y fondos planos, a modo de pequeños cañones (hocinos si tienen un trazado sinuoso). Estos pequeños cañones constituyen uno de los rasgos geomorfológicos y paisajísticos más singulares de todo el piedemonte, y alguno de ellos, como Tejadilla, incluye yacimientos paleontológicos cuaternarios de gran interés.

Las arenas silíceas y arcillas que subyacen a las rocas carbonáticas forman casi siempre las laderas de las lastras, constituyendo un tipo de terreno característico: los arenales y jalbegueras (de 'jalbegue', denominación vernácula de las arcillas caoliníferas, utilizada durante mucho tiempo para el enlucido y blanqueado de las casas). El aspecto actual de estos terrenos está muy asociado a su aprovechamiento minero, histórico y actual. El uso de las arenas se debe a las múltiples utilidades industriales de las arenas de cuarzo, y el de las arcillas a sus propiedades refractarias. Muchas explotaciones antiguas se han transformado en zonas de cárcavas y barrancos, por la acción erosiva del agua, y los aprovechamientos modernos ocupan una buena parte de estas laderas. Allí donde no ha habido explotaciones, el aspecto más frecuente de estas laderas es su deforestación, aunque en algunos casos son soporte de formaciones vegetales de encinares, sabinars y quejigares.

GRANDES RÍOS QUE PROCEDÍAN DE PONIENTE: LAS ARENAS SILÍCEAS DE OREJANA

Figura 110. Reconstrucción paleoambiental de los ríos que surcaban la Provincia durante el Cretácico superior (hace unos 90 millones de años). Los cauces estaban compuestos de varios hilos de corriente, separados por islas vegetadas o barras arenosas, con algunas lagunas y zonas encharcadas. En el lecho de los canales migraban dunas subacuáticas, cuya sección origina las laminaciones cruzadas. En las islas permanentes se desarrollaron suelos ferruginosos y vegetación arbórea (coníferas, cícadas, cicadales...), cuyos troncos fosilizados aparecen hoy en día en las areneras de diversas localidades.



Las arenas silíceas, sedimentos compuestos en un alto porcentaje (superior al 90%) por granos de cuarzo (sílice, SiO_2), son y han sido unos materiales de aprovechamiento ancestral en la provincia de Segovia, fundamentalmente para la fabricación de vidrio o como áridos en la industria de la construcción. Se localizan afloramientos de estas rocas sedimentarias a lo largo de buena parte de la Provincia, desde su extremo suroccidental (Ituero y Lama), hasta el borde nororiental (Valdevacas de Montejo).

Son característicos los paisajes de laderas rectilíneas de formas redondeadas, con suelos de tonos blanquecinos, cárcavas y regueros en los lugares desprovistos de la vegetación, y pequeñas explotaciones mineras en galerías subterráneas o a cielo abierto. Son los paisajes típicos en las lomas de las inmediaciones de Hontoria, Segovia capital, Espirido, Arcones, Prádena... y, sobre todo, del entorno de Pedraza y Orejana; en este último municipio, la toponimia y los nombres de los núcleos de población, como El Arenal, nos hablan de un conocimiento y aprovechamiento tradicional de estos materiales.

Lo que muy poca gente conoce es el curioso origen de estas arenas y las arcillas con las que normalmente se alternan: fueron depositadas hace unos 90 millones de años (Cretácico superior) en el lecho y márgenes de anchos ríos con canales entrelazados que, procedentes del suroeste, se dirigían hacia el noreste, donde desembocaban en el mar, que ocupaba el borde del océano de Tethys.

Los ríos arrastraban en sus canales arenas y gravas de cuarzo procedentes de la erosión de zonas más elevadas en el área occidental de la Península, actuales provincias de Salamanca y Cáceres; por ese motivo se encuentran, entre las arenas, hiladas de cantos rodados de las cuarcitas, semejantes a las presentes en las actuales sierras de Gata y Peña de Francia. Los hilos de corriente estaban entrecruzados, dejando entre sí barras e islas emergidas, que cambiaban continuamente de posición al modificarse la posición de los canales. Las hiladas de cantos nos marcan la posición de estos hilos de corriente, que fueron variando

laderas y cuestas arenosas

continuamente de posición en el tiempo. El movimiento de las arenas por arrastre de la corriente se producía mediante pequeñas dunas subacuáticas, en las que los granos eran removilizados en la parte trasera y depositados en la delantera, dispuestos como láminas inclinadas en el sentido del flujo; estas estructuras sedimentarias, que pueden verse hoy en día observando detalladamente los frentes de las areneras, reciben el nombre de laminaciones cruzadas, y sirven para reconstruir la dirección y sentido de la corriente. Cuando las laminaciones tienen formas rectilíneas corresponden con antiguas dunas de cresta recta, mientras que las curvadas cóncavas se asocian a dunas de cresta ondulada.

En las márgenes de los canales había extensos mantos de arenas depositadas durante los desbordamientos y, un poco más alejadas, zonas encharcadas donde se sedimentaban arcillas. Los suelos areno-arcillosos, bajo un clima intertropical, sufren fuertes procesos de lavado, concentrándose minerales insolubles como los óxidos de hierro y arcillas del tipo caolín; por este motivo, intercalados

Figura 111. Afloramiento de las arenas silíceas en Valleruela de Pedraza, con sus característicos tonos blanco-grisáceos, intercalaciones de colores abigarrados (amarillo, rojo, pardo...), y aspecto descarnado por la erosión de arroyada en los frentes de las antiguas areneras abandonadas. (Foto: A. Carrera)





Figura 112. Fragmento de un tronco fosilizado en sílice (xilópalo), correspondiente a una conífera del Cretácico superior, ubicado en una plaza de Caballar. (Foto: A. Carrera)



Figura 113. Frente de una antigua arenera en Hontoria, donde se aprecia una peculiar ordenación geométrica de las láminas de arena, que se disponen inclinadas hacia la derecha, en franjas limitadas por hileras de cantos. Esta disposición, denominada laminación cruzada, se originó como consecuencia del avance de las dunas subacuáticas en el lecho de los ríos, que circulaban de izquierda (SO) a derecha (NE), donde desembocaban al mar de Tethys. (Foto: A. Carrera)

entre las arenas se sitúan encostramientos de óxidos e hidróxidos de hierro, de colores pardo-rojizos y amarillentos, en los que se pueden apreciar las marcas de las grietas de desecación.

La escasa vegetación existente en las proximidades de los ríos estaba constituida mayoritariamente por coníferas, cicadas y cicadales de porte arbustivo y arbóreo. Algunos troncos de coníferas cayeron a los ríos y fueron transportados y enterrados entre las arenas, fosilizando en sílice (xilópalo), aunque conservando perfectamente reconocibles algunos elementos anatómicos (ramas, corteza, nudos...) y la disposición de los anillos concéntricos en la sección transversal. A lo largo de las últimas décadas han aparecido infinidad de estos troncos fósiles en las arenas segovianas, destacando los presentes en las inmediaciones de Pedraza, algunos de los cuales se conservan en museos y colecciones particulares; existen dos ejemplares de considerable tamaño en el patio de El Torreón de Lozoya (Segovia).

Una última curiosidad que aparece entre las arenas son las denominadas 'bolas', 'pítoles' (Orejana) o 'Venus de Sepulveda', agregados de arena de forma esférica, tamaño variable entre diámetros de unos milímetros y medio metro, y que pueden encontrarse aisladas o formando vistosos conjuntos de dos o más esferas tangentes o secantes entre sí. Se trata de concreciones carbonáticas que cementan la arena, esto es, el carbonato cálcico se ha disuelto y difundido concéntricamente, amalgamando los granos de arena de sus alrededores; posteriormente son desenterradas de forma natural (por erosión de las laderas) o artificial (en areneras u obras).

El aprovechamiento tradicional de las arenas, hasta la década de 1960 se hacía principalmente mediante una primera incisión en la ladera, seguida de la excavación manual de galerías subterráneas que penetraban en la loma, con sección en arco de medio punto, y que empleaban como techo la base de los bancos margosos y calcáreos suprayacentes sobre las arenas. Los materiales se sacaban con mulas y burros, mediante capazos, esteras y serones. Aún se conservan buena parte de estas galerías en diversas localidades, como Hontoria, Segovia, Tejadilla, Orejana, Carabias...

Con la implantación del uso generalizado de la maquinaria motorizada, la explotación subterránea se sustituyó por la minería a cielo abierto (contorno o ladera), ante la posibilidad de eliminar los estériles suprayacentes y avanzar en dirección paralela a las curvas de nivel. La morfología resultante es un frente de explotación de una decena de metros, una plaza estrecha y alargada, y unos montículos de estériles adosados a la ladera.

Por lo que respecta al procesado de los materiales extraídos, los avances tecnológicos han ido a la par de la diversificación y especialización de los usos y aprovechamientos. Hasta mediados del siglo XX era suficiente con un lavado de la arena

laderas y cuevas arenosas

(para eliminar la arcilla) y su clasificación en diferentes tamaños granulométricos (cantos, gravas, arenas, limos y arcillas); se empleaban en la fabricación de vidrio (fábrica de La Granja de San Ildefonso) y como áridos de construcción, ante la creciente demanda del área metropolitana de Madrid. Hoy en día se someten a todo tipo de procesos industriales, tanto para su secado tras el lavado (hornos), una separación granulométrica más afinada (empleando tolvas y trómeles con rejillas, y ciclones), e incluso su molido para obtención de micronizados de sílice. Los usos se han diversificado, empleándose en la industria del gres y sanitarios, carga de pinturas, filtros de piscinas, depuradoras y potabilizadoras, áridos en aglomerados resínicos, etc.

Las arcillas intercaladas entre los niveles arenosos, o aquéllas procedentes del lavado de las arenas, se han empleado y aún se utilizan como materiales cerámicos para fabricación de ladrillos (Hontoria, Segovia, Valseca, Carbonero...), tejas (Torre Val de San Pedro), cerámica doméstica y artesanal (Espirdo, Bernuy de Porreros...), etc. Los niveles de antiguos suelos más enriquecidos en caolinita (Vegas de Matute y Hontoria) se emplearon para la fabricación de loza (fábricas La Segoviana y Vargas, en Segovia) y para el enjalbegado (blanqueado) de las viviendas.

Para saber más: Alonso (1981); Alonso y Floquet (1982); Alonso y Mas (1977); Alonso y Mas (1982); Alonso *et al.* (1982); López de Azcona y Mingarro (1968).



Figura 114. Aspecto de las bolas de arena en el suelo de una antigua arenera de Valleruela de Pedraza, donde forman pequeños pináculos al ser más resistentes a la erosión que las arenas sueltas que las rodean. (Foto: A. Carrera)

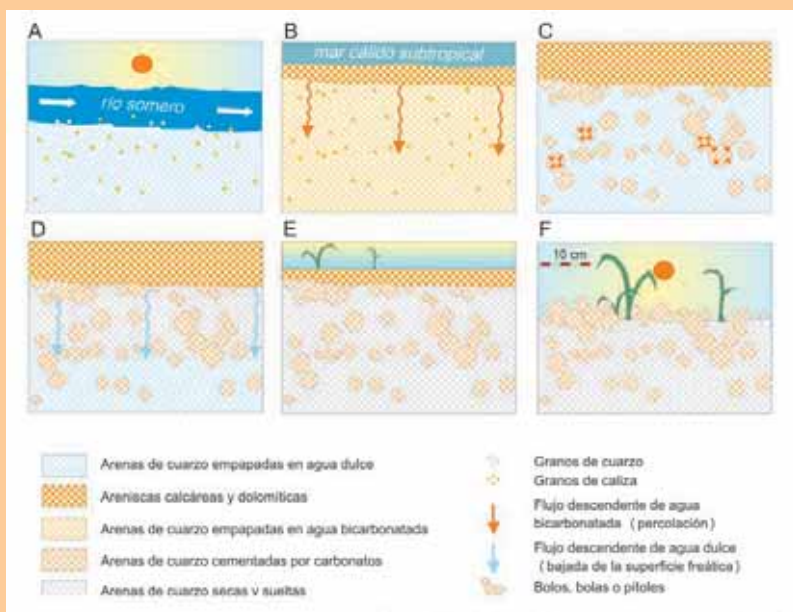


Figura 115. Proceso de formación de las 'bolas', unas concreciones de arena cementada que aparecen frecuentemente en el suelo de las areneras: A) En el lecho de los antiguos ríos se depositaban granos de arenas silíceas (blancos) y de calizas (naranjas); B) Las calizas suprayacentes, depositadas en un mar tropical, facilitan la infiltración de aguas bicarbonatadas; C) Alrededor de los granos se forma un halo esférico de agua con alto contenido en bicarbonato cálcico; D) El descenso del nivel freático hace que se produzca la precipitación del bicarbonato, cementando con carbonato cálcico los granos silíceos; E y F) La posterior erosión de las arenas sueltas (no cementadas), ponen al descubierto las esferas de granos cementados, más resistentes a la erosión.

ZONAS COSTERAS Y MARES TROPICALES EN HONTORIA

Hace unos 87 millones de años, el ascenso generalizado del nivel de los océanos en el Planeta, asociado a la fusión del hielo en los Polos, hizo posible que un mar somero fuera invadiendo progresivamente el actual centro peninsular, avanzando desde el este (donde conectaba con el océano de Tethys) hacia el oeste, donde se comunicaba con el incipiente mar Cantábrico. Todo el proceso de llegada e implantación del mar en Segovia está magníficamente registrado en las rocas sedimentarias de las proximidades de Hontoria, a lo largo del cañón del arroyo Matamujeres o del Hocino, por el que discurre la antigua carretera de Villacastín. Su estudio detallado y reconstrucción paleoambiental nos permitirá conocer los

Figura 116. Afloramiento de rocas en el valle del arroyo Matamujeres (Hontoria-Madrona), donde se observan estructuras características de su origen en una zona litoral, propia de ambientes de llanura de marea (laminaciones y alternancias) y lagunas costeras (bancos tabulares de dolomías). (Foto: A. Carrera)



laderas y cuevas arenosas

por menores de esta apasionante evolución de los paisajes.

Hasta aquel momento, buena parte de la Provincia estaba constituida por una extensa planicie surcada por anchos y extensos ríos entrelazados que se dirigían hacia el este-noreste, aprovechando un ligero escalonamiento descendente hacia el sector ocupado actualmente por la Cordillera Ibérica (provincias de Soria, Teruel y Guadalajara).

A medida que se produce el avance de la línea de costa, lo primero que se implantan son los ambientes costeros relacionados con la desembocadura de los ríos preexistentes, tanto en amplios estuarios, rías y bahías, como en deltas elongados. Los sedimentos arenosos de esta época, y que ocupan la parte superior de las areneras de la carretera Hontoria-Madrona presentan estructuras sedimentarias que indican dos sentidos de corriente contrapuestos: uno correspondiente al flujo de los ríos (hacia el este) y otro a la acción del oleaje litoral (hacia el oeste).

Posteriormente, con un nuevo pulso de ascenso del nivel del mar, la actual posición de la provincia de Segovia es ocupada por ambientes propios de una zona costera dominada por las mareas que, debido a su topografía muy llana, dejan amplias zonas cubiertas durante la pleamar y mareas vivas, y emergidas durante la bajamar y las mareas muertas. Como consecuencia de los repetidos ciclos de ascenso y descenso de las mareas, los sedimentos de esta época son una alternancia de finas láminas arenosas (formadas durante el ascenso de la marea) y arcillosas (formadas en la estabilización durante la pleamar). En los sectores de la llanura mareal más bajos (situados hacia el este) el mar permanecía durante más tiempo, predominando el depósito de láminas arenosas (llanura arenosa); en la zona más somera (hacia el oeste), sólo llegaba el agua durante la pleamar y las mareas más vivas, predominando el depósito de láminas arcillosas (llanura fangosa); entre ambas, se daba una mezcla alternante de láminas arenosas y arcillosas, en lo que se denomina la llanura mixta. La llanura estaba cubierta por láminas de algas cianofíceas y algunos braquiópodos que ‘pastaban’ en las mismas, y cuyos restos fósiles se encuentran en ellas intercalados.

Junto a las áreas de depósito de láminas arenosas y arcillosas de la llanura mareal existían pequeñas lagunas costeras y zonas que permanecían encharcadas incluso en bajamar. En estas charcas, y con un clima tropical, proliferaron los invertebrados marinos (moluscos, braquiópodos, equinodermos...), cuyos restos orgánicos (caparazones, excrementos...), junto con algas de naturaleza carbonática, formaron fangos calcáreos que darían lugar a bancos lenticulares de calizas y dolomías.

El inexorable ascenso del nivel del mar, y el consiguiente avance de la línea de costa hacia el oeste, hizo que la llanura mareal fuera cubierta definitivamente por las aguas, pasando a constituir zonas bajo el nivel de bajamar (submareales).



Figura 117. *Izquierda*. Restos fósiles de rudistas (hipurítidos) cretácicos marinos, con su característica valva cónica curva, donde se reconocen las líneas de crecimiento. (Foto: A. Carrera)

Figura 118. *Derecha*. Pieza dental fósil de un tiburón cretácico de pequeño tamaño, hallada en unas antiguas canteras de la Catedral de Segovia. (Foto: A. Carrera)



Figura 119. Reconstrucción de una colonia de rudistas del género *Hippurites*, con sus características valvas hipertrofiadas cónicas fijadas al sustrato y sus valvas operculares (a modo de tapadera) con formas elípticas-acorazonadas.

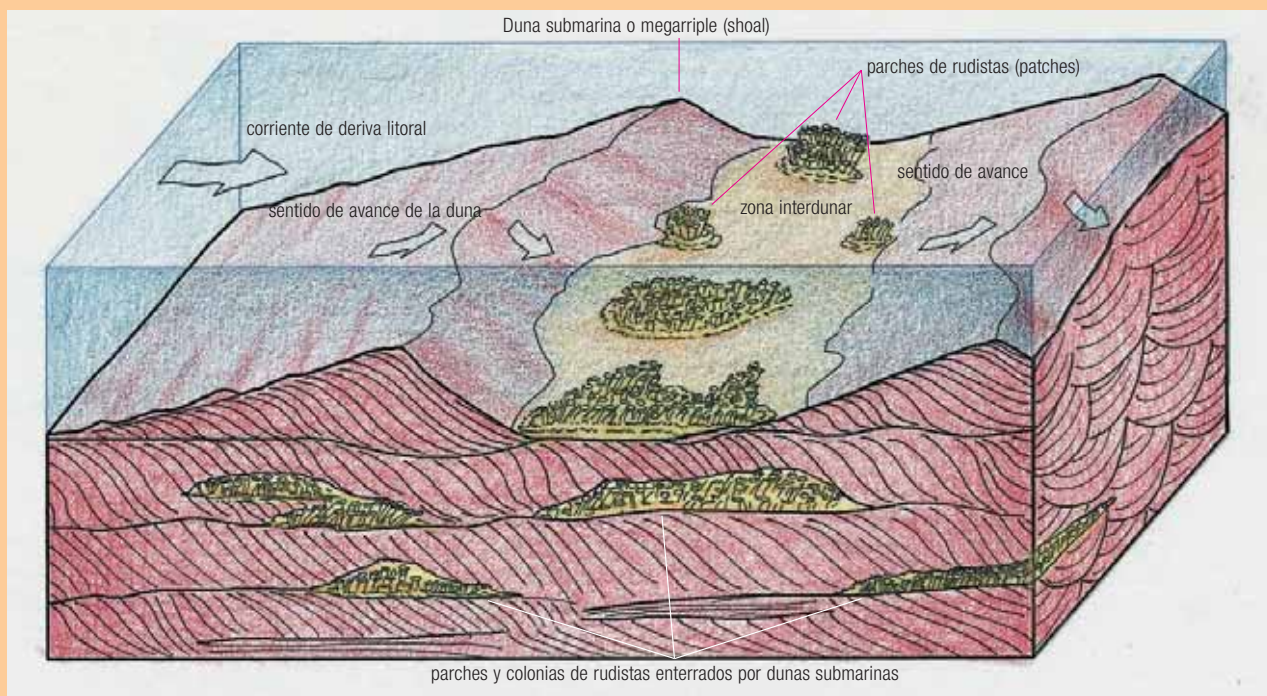


Figura 120. Reconstrucción de los ambientes submarinos que ocuparon buena parte de la Provincia durante el Cretácico superior, con dunas subacuáticas movidas por el oleaje y las corrientes, entre las cuales habitaban colonias de rudistas.

El oleaje y las corrientes de deriva litoral se encargan de removilizar las arenas costeras, mediante dunas subacuáticas de cresta ondulada, que dejarán en el sedimento las características laminaciones convexas (en surco). Los restos abundantes de invertebrados marinos (moluscos, braquiópodos, equinodermos, corales...) forman fangos calcáreos que se entremezclan con la arena de las dunas, sirviendo posteriormente de cemento de ésta para constituir las areniscas calcáreas o dolomíticas. En las zonas interdunares se implantaron colonias de rudistas (*Hippurites*), un grupo extinto de moluscos bivalvos de morfología cónica alargada; sus restos pueden encontrarse en los taludes de la antigua carretera de Villacastín en posición de vida, esto es, tal y como estaban antes de morir al quedar enterrados por el avance de una duna sobre la colonia. Aunque la profundidad no era muy elevada (apenas una decena de metros), si lo suficiente como para que existiera una amplia representación de vertebrados marinos, entre los que destacan los seláceos (tiburones y rayas), cuyas piezas dentarias se encuentran dispersas en las areniscas calcáreas de Hontoria.

Finalmente, el aumento de la profundidad y la implantación de barreras arrecifales en los sectores orientales de la Provincia (Castrojimeno), deja el sector de

laderas y cuevas arenosas



Hontoria sumergido, pero alejado de la costa (que llegó, al menos, hasta el meridiano de Villacastín). Con la ausencia de oleaje y corrientes litorales, en una zona protegida por la barrera arrecifal, únicamente se depositan los restos de la actividad orgánica de los invertebrados marinos (caparazones, excrementos...) y los restos de algas calcáreas, generando fangos calcáreos muy finos y homogéneos, que darán lugar posteriormente a las calizas y dolomías de las inmediaciones de Madrona.

Así como la llegada del mar se produjo de manera gradual, su retirada se produjo de forma más rápida, volviendo a sucederse parecidos ambientes a los citados, pero en orden inverso, yendo hacia condiciones de menor profundidad: zonas submareales, llanuras intermareales y, de nuevo, sistemas de ríos entrelazados. Esta secuencia de llegada y retroceso del mar durante el Cretácico superior es observable en las sucesiones de rocas sedimentarias de otros lugares de la Provincia, entre los que destacan: Segovia capital, Sepúlveda, Valle de Tabladillo...

Para saber más: Alonso (1981); Alonso y Mas (1982); Alonso y Floquet (1982); Alonso *et al.* (1982); Alonso *et al.* (1993).

Figura 121. Corte transversal a una colonia de rudistas fósiles, que habitaban en las zonas interdunares, y que fueron enterrados por el avance de una duna submarina. Márgenes del arroyo Matamujeres. (Foto: A. Carrera)

DINOSAURIOS DEAMBULANDO POR ARMUÑA

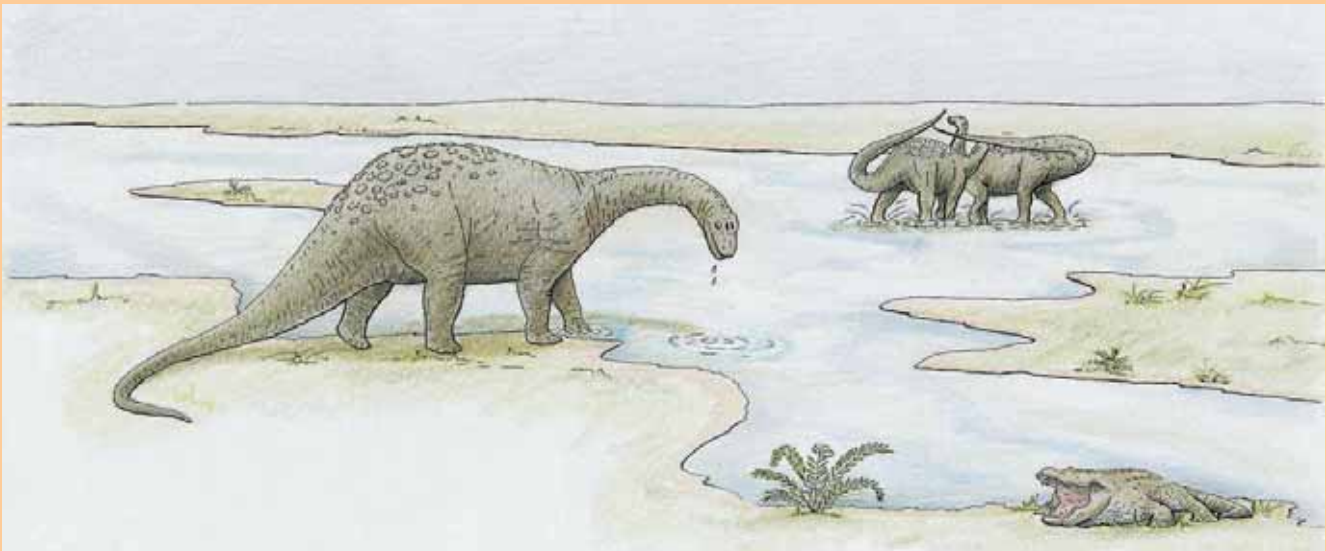
Hace unos 66 millones de años, durante el tránsito entre los periodos geológicos Campaniense y Maastrichtiense (Cretácico superior), el mar se retiró definitivamente de Segovia, dejando tras de sí un rosario de islas, lagunas, marismas y zonas pantanosas. Esta retirada se produjo por el efecto combinado del descenso generalizado del nivel del mar en todo el Planeta, y del comienzo de la elevación tectónica del centro peninsular, que culminará en la formación de la Meseta y el Sistema Central.

En estas zonas pantanosas y en los deltas de ríos que comunicaban los lagos, con un clima tropical cálido y húmedo, vivieron abundantes vertebrados, entre los que destacan los dinosaurios, cocodrilos, tortugas y diversos tipos de peces.

Sus restos fósiles, fragmentados y revueltos al haber sido arrastrados por los ríos, han aparecido entre las areniscas, gravas y arcillas formadas en esta época, y que han sido explotadas como materiales de construcción (áridos, cerámica, vidrio...) en localidades segovianas como Vegas de Matute, Madrona, Segovia y, sobre todo, Armuña.

El yacimiento de Armuña ha sido objeto de campañas de excavación y numerosas publicaciones científicas por su riqueza fósil y su interés para la reconstrucción paleobiogeográfica de los ambientes y la distribución de la fauna

Figura 122. Reconstrucción ambiental del paisaje de Armuña a finales del Cretácico superior, una zona pantanosa con lagos y un río en cuyas riberas habitaban cocodrilos y titanosaurios, grandes dinosaurios saurópodos con sus características placas dérmicas, empleando las colas para pelear.



laderas y cuevas arenosas

a finales del Cretácico, apenas un millón de años antes de la gran y absolutamente horrible extinción que acabó con la mayor parte de los dinosaurios.

Entre los fósiles recuperados por los especialistas con las pertinentes autorizaciones, destacan:

- Restos de dinosaurios:
 - Falange ungulada de Ornitisquio (indeterminado), *Rhabdodon* sp.
 - Diente de Terápodo indet. (Saurópodo carnívoro bípedo)
 - Titanosáuridos armados o acorazados (*Titanosaurus* indet.): vértebras caudales y osteodermos (placas dérmicas).
 - Restos de cocodrilos (*Mesosuchia* o *Eusuchia* indet.): fragmentos mandibulares (31 cm) y dientes.
- Restos de tortugas; placas de:
 - . Pelomedúsidos maastrichtienses de los géneros *Elochelys* Nopcsa y *Rosasia* sp. Carrington.
 - . Dermatemídidos maastrichtienses con dos tipos de ornamentación (epiplastrón izquierdo).
- Restos de peces: escamas ganoideas de Semionotiformes indet. y Teleosteos indet.

Los Titanosáuridos eran dinosaurios cuadrúpedos (grupo de los Saurisquios, con los huesos de la cadera como los reptiles), herbívoros y de talla variable (pudiendo alcanzar los 25 m de longitud), que están representados en yacimientos de América del Sur, Norteamérica, Europa, África, Madagascar e India; en España se han encontrado restos en Fontllonga, Tremp y Ager (Lérida), Laño (Burgos), y Madrona y Armuña (Segovia). Habitaban las riberas fluviales, por lo que sus restos suelen aparecer entre sedimentos arenosos o conglomeráticos, con esqueletos dispersos. Parece ser que sólo presentaban osteodermos (placas dérmicas) en las áreas laterales de la región sacro-pélvica, ya que probablemente utilizaban sus colas como látigos durante los combates.

Los restos de Titanosáuridos de Armuña, semejantes a los géneros africanos y sudamericanos de esa época, destacan por su importancia paleobiogeográfica ya que permiten descubrir la interconexión por el rosario de islas que existía entre los restos del supercontinente Pangea II antes de la apertura definitiva del océano Atlántico Sur. Los restos mandibulares de cocodrilos presentan un excelente estado de conservación; y los Pelomedúsidos se cuentan entre los escasos restos de este grupo encontrados en la península Ibérica.

Para saber más: Buscalioni y Martínez-Salanova (1990); Buscalioni y Sanz.(1987); ITGE (1991); Sanz (1986); Sanz y Buscalioni (1987).



Figura 123. Resto fósil de una vértebra caudal de un titanosaurio, procedente de Armuña, cuyas reducidas dimensiones se asocian a su proximidad al extremo de la cola. (Foto: A. Díez)

UN ENTORNO PRIVILEGIADO: LA CIUDAD DE SEGOVIA



Figura 124. Laminaciones cruzadas en areniscas calcáreas ubicadas en el canal de río Eresma a su paso por la alameda de La Fuencisla. Se formaron por la migración lateral de pequeñas dunas submarinas, arrastradas por el oleaje y las corrientes litorales. (Foto: A. Carrera)

En el entorno del territorio que actualmente ocupa la ciudad de Segovia convergen una serie de circunstancias que hacen de esta zona un lugar de enorme interés geológico-geomorfológico:

- Coinciden, en apenas tres kilómetros cuadrados, los contactos litológicos entre más de media docena de tipos de rocas diferentes, formadas en gran variedad de ambientes (interior de la Tierra, ríos, mares, lagos...), correspondientes a tres eras distintas, y afectadas por todo tipo de estructuras tectónicas.

- El río Eresma y sus arroyos afluentes (Clamores, Tejadilla y Ciguiñuela) han excavado profundos valles y cañones, poniendo al descubierto en sus laderas y cortados los contactos entre rocas e infinidad de afloramientos de los diferentes conjuntos rocosos y sus estructuras.

- La ancestral presencia humana, con sus actividades de construcción y explotación de recursos minerales, ha aumentado el número de afloramientos y genera una amplio abanico de fenómenos de interferencia con los procesos geológicos activos.

Por todo ello, los puntos con interés geológico catalogados en el entorno de Segovia superan el medio centenar, y las posibilidades para su empleo científico, didáctico y divulgativo, aún están por desarrollar, sobre todo considerando el público potencial de estos recursos culturales de índole natural: más de 55.000 residentes en la Ciudad, 150.000 habitantes en la Provincia, y alrededor de un millón de visitantes anuales en calidad de turistas.

Los puntos con interés geológico se agrupan fundamentalmente en los valles del río Eresma y de los arroyos Clamores, Ciguiñuela y Tejadilla. Entre ellos destacan los afloramientos de las rocas sedimentarias cretácicas, formadas en ambientes fluviales, litorales y marinos. Los cortados rocosos con estructuras sedimentarias llamativas salpican las paredes y laderas de los cañones, especialmente allí donde han sido sobreexcavadas por las construcciones humanas (taludes de carreteras, canteras, huecos para edificios, etc.). Destacan los afloramientos de: Puerta de San Cebrián, Cuesta de los Hoyos, El Alcázar, Peñas Grajeras, La Fuencisla, Calle Real (Cervantes), El Tejerín-Las Lastras, Cuesta de San Juan, El Terminillo, Los Viveros... En muchos de ellos, además, las rocas contienen abundantes restos fósiles de invertebrados marinos (bivalvos, corales, equinodermos...) y seláceos (dientes de tiburón y raya).

Otro grupo de puntos está constituido por los afloramientos de rocas ígneas y/o metamórficas, como la antigua cantera de Las Romeras (Nueva Segovia), Juarrillos, San Lorenzo, etc. Un tercer conjunto son las manifestaciones de

laderas y cuestas arenosas

estructuras tectónicas (pliegues, fallas...), representadas también en Las Romeras, Los Viveros-Peñas Grajeras y Tejadilla, entre otros sitios.

Pero sin duda alguna, uno de los mayores valores naturales de Segovia y su entorno radica en la geomorfología, esto es, en la configuración del relieve y su impronta en el paisaje, los usos y las costumbres de sus habitantes a lo largo de la Historia.

La propia situación de la ciudad es un enclave geomorfológico singular: un cerro, a modo de mesa (en realidad un fragmento de cuesta poco inclinada), que ha quedado aislado de las lastras circundantes por el encajamiento de los valles de dos corrientes fluviales en su confluencia. Este modelo de ubicación, sin ser único, puesto que se repite en numerosas localidades segovianas (Coca, Pedraza, Sepúlveda, Maderuelo, Castrojimeno...), sí que confiere al cerro-interfluvio una configuración que condicionará históricamente el modelo de poblamiento y las condiciones de accesibilidad a los recursos naturales básicos, como el agua y los materiales de construcción.

Respecto al modelo de poblamiento, el proceso de formación del cerro a partir del encajamiento fluvial hace que los mayores desniveles sobre los valles circundantes se alcancen precisamente sobre la confluencia de los ríos, por lo que será en esta zona de forma apuntada-acorazonada donde se ubiquen los centros defensivos-militares. En el caso de Segovia es donde se situó el castro prerromano, la primitiva fortaleza romana y donde posteriormente se ubicó el Alcázar; semejante posición ocupan los castillos de Coca, Maderuelo y Pedraza. En el extremo opuesto del cerro, donde el desnivel respecto al territorio circundante es menor y las laderas más suavizadas, es necesario reforzar el sistema defensivo; allí se sitúa el sector de la muralla más elevado, entre las puertas de San Juan y San Andrés.

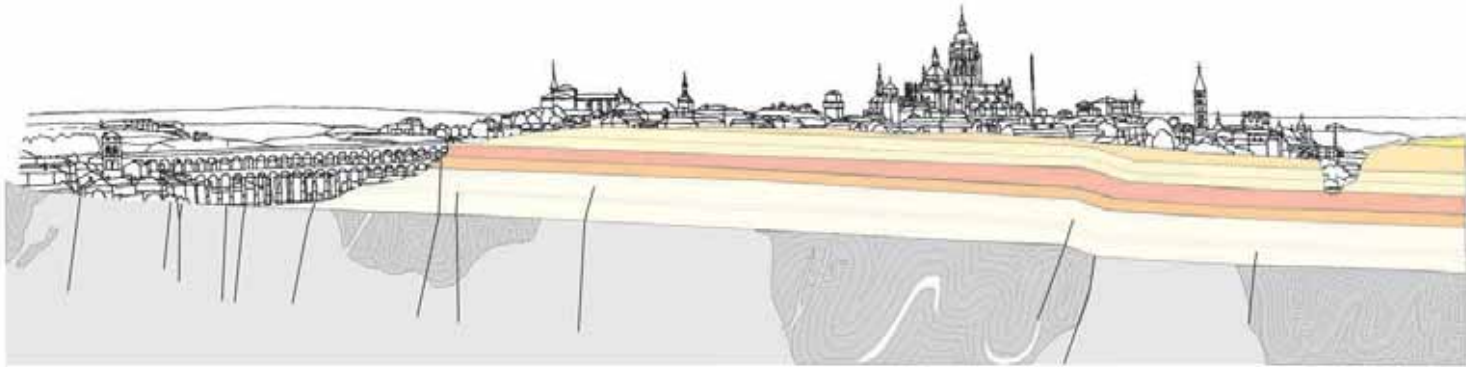
En lo que se refiere a cómo la configuración geomorfológica condiciona el acceso al agua, en Segovia tenemos uno de los mejores ejemplos posibles. El cerro está situado en un interfluvio estrecho, por lo que el agua de los ríos está relativamente cerca, pero con un desnivel suficiente como para hacer inviable un suministro permanente con un esfuerzo pequeño. Las aguas subterráneas, dada la naturaleza carbonática (calizas y dolomías) de la parte culminante del cerro, están restringidas a un exiguo acuífero cárstico con un nivel freático muy bajo, casi inaccesible desde pozos excavados en el cerro, salvo raras excepciones de pequeños pozos-aljibe (como el que debió haber en la calle Pozuelo, barrio de las Canonjías).

Estos contratiempos se paliaron mediante la construcción del Acueducto, que trasvasaba agua de una cuenca hidrográfica contigua al Alto Eresma (arroyo de la Acebeda o río Frío), y la derivaba a cota suficiente como para que alcanzase



Figura 125. Vista panorámica del recinto amurallado de Segovia, desde el noroeste, donde se aprecia su ubicación entre los valles del río Eresma (a la izquierda) y Clamores (a la derecha). Hace algunos millones de años, las lastras de Zamarramala, Plaza Mayor y Hospital General formaban una única planicie, a partir de la cual excavaron sus valles estos ríos. (Foto: A. Carrera)

A



B

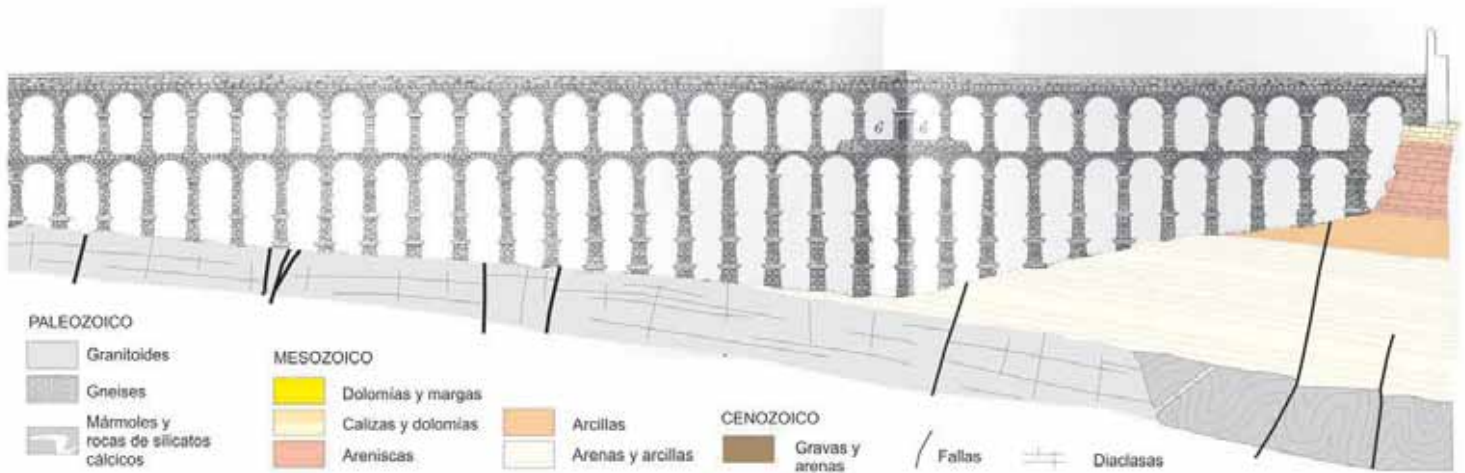


Figura 126. A) Corte geológico idealizado de la disposición de los materiales bajo la ciudad de Segovia, desde el barrio de El Salvador hasta La Fuencisla. El dibujo de las edificaciones corresponde a la publicación "Segovia en el Paisaje" (García Fernández, 1975). B) Detalle del corte geológico de la figura A, centrado en los materiales bajo el Acueducto en su tramo de doble arquería, a partir del dibujo de Somorrosto.

la cima del cerro fluyendo por simple gravedad. Como es sabido, la parte más elevada del monumento (con doble arquería) precisamente salva la vaguada que, a modo de collado, se formó por confluencia de las vagonadas de dos afluentes del río Eresma y el arroyo Clamores: el arroyo Alemán y el arroyo de la bajada del Carmen, respectivamente. El propio Acueducto es, con su trazado, un resumen de la geología y geomorfología de Segovia; siguiendo su trazado se podría hacer un corte geológico donde aparecen representados todos los conjuntos litológicos y su configuración paisajística característica.

laderas y cuestras arenosas

También relacionado con el agua están los manantiales y fuentes que salpican las partes bajas de las laderas y cortados de los valles. Algunas de ellas de enorme popularidad y con significación religiosa, como los manantiales de La Fuencisla. A grandes rasgos se pueden agrupar en dos tipos de manantiales, según procedan de: acuíferos fisurales en las gargantas de Eresma y Cigüñuela (Las Delicias, La Piojosa, La Fuentecilla...); o acuíferos cársticos en los cañones del Eresma y Clamores (La Fuencisla, El Parral, El Obispo, Santa Cruz, Piojo, Hontanilla...).

Los importantes desniveles entre el cerro y los valles, las litologías poco consolidadas, el clima, y el régimen torrencial de los ríos circundantes, han generado una ancestral interferencia entre los procesos geomorfológicos y las actividades humanas. Muchas zonas de la Ciudad se encontraban, y aún se encuentran, en zona de riesgo por desprendimientos, deslizamientos e inundaciones. Buena prueba de ello son los numerosos testimonios documentales de desastres históricos asociados a los fenómenos naturales, algunos de los cuales causaron víctimas mortales: inundaciones por desbordamiento del arroyo Clamores (1500, 1733, 1791, 1853, 1981) y el río Eresma (1511, 1513, 1521, 1543, 1605, 1626, 1627, 1629, 1695, 1733, 1791, 1799...1996); desprendimientos y deslizamientos en el valle del Clamores, Cuesta de Santo Domingo, Alameda del Parral, San Marcos, estación de ferrocarril, El Tejerín...; caída de árboles por reptación desde el Pinarillo sobre la carretera en la Cuesta de los Hoyos; o formación de hoyos por colapsos de sufusión en la Cuesta de Santa Lucía. Estos eventos han condicionado el poblamiento y los usos de las zonas afectadas, llegando incluso a provocar el traslado del Monasterio de los Huertos desde la Alameda del Parral hasta la zona alta del recinto amurallado (actual Plaza de Los Huertos), tras las importantes inundaciones que sufrió en el siglo XVII.

Más en detalle, la configuración geomorfológica del cerro y sus inmediaciones han condicionado el patrón urbanístico, los usos, e incluso los topónimos: las vaguadas por las que discurrían los pequeños arroyos que drenaban el cerro durante las tormentas han dado nombre a calles y parajes del recinto amurallado, como El Vallejo (calle y casa); los meandros en los valles dejan en sus orillas internas relieves que han disparado la imaginación de los segovianos, a los que han atribuido topónimos por sus peculiares formas, como 'el submarino', o por su situación ('la Casa del Sol'); las orillas externas de esos mismos meandros generan laderas en anfiteatro a las que se atribuyó tales funciones en tiempos romanos, como es el caso de La Hontanilla o el Paseo de Juan II; y las zonas deprimidas o con pozas en el río, reciben topónimos específicos, como las situadas en la calle de la Hoya, a orillas del Eresma, en el barrio de San Lorenzo.

Las cuevas formadas en su mayor parte por la acción cárstica, omnipresentes en los cortados de los cañones que circundan la Ciudad, han sido refugio, fuente de recursos, y motivo de mitos y leyendas. Buena prueba de ello son: los restos arqueológicos de las cuevas de El Parral; las antiguas viviendas y champiñoneras de las cuevas y abrigos en la Cuesta de Los Hoyos; el pozo-aljibe en la Cueva del Alcázar; o la explotación de piedras molineras y probable almacén de nieve, como da a entender la cercana calle del Pozo de la Nieve, de la Cueva de la Zorra.

Lejos del recinto amurallado, la Segovia de los arrabales y la ciudad moderna se han desarrollado en el piedemonte de la Sierra. Aquí, con relieves más suaves y alomados, la geomorfología ejerce un menor control sobre el desarrollo urbano. No obstante, se conservan topónimos que nos indican la impronta del relieve y la geología en la cultura popular, como: El Peñascal, que alude a los frecuentes afloramientos rocosos en las inmediaciones de la garganta del río Eresma; el puente del Berrocal, sobre el arroyo Clamores en la actual calle Independencia; El Cerro (de la Horca), correspondiente a un relieve residual del piedemonte, hoy ocupado por el polígono industrial homónimo; la calle de los Arroyos, indicativa de los pequeños arroyuelos tributarios del Clamores por su margen izquierda que circulaban entre la actual calle de José Zorrilla (un interfluvio en alto) y la avenida de la Constitución; Las Lastras (del latín *lastrum*, piedra llana o lancha), en alusión a las altiplanicies con afloramientos de rocas en lajas o capas subhorizontales, y que ha dado lugar a infinidad de topónimos (La Lastrilla...).

La citada diversidad de litologías presente en el entorno de la Ciudad, tiene su reflejo en su empleo, sucesivo o combinado, como materiales de construcción. Son numerosas las canteras y minas de las que extraían, desde tiempos remotos: granitoides, como los empleados para la construcción del Acueducto, los palacios renacentistas y el adoquinado de las calles; calizas, dolomías y areniscas para las iglesias románicas y góticas, la Catedral nueva y los escudos heráldicos; arcilla para los ladrillos de las torres mudéjares y la fabricación de loza; arena para los revocos y esgrafiados; cantos rodados para el borriño; gravas para hormigones; y diversos tipos de rocas para los vallados de mampostería y sillarejo. Algunas de estas canteras históricas aún se conservan en las inmediaciones de la iglesia de la Veracruz, El Parral, Tejadilla, San Lorenzo, El Velódromo, El Tejerín, etc., y constituyen interesantes ejemplos de arqueología industrial. Otras veces nos quedan los nombres de los sitios y oficios relacionados con la extracción de los recursos minerales, como la calle Barreros (barrio de San Millán), en alusión al lugar donde se sacaba el barro (arcillas arenosas) para los alfares.

laderas y cuestas arenosas



Cuando el mar llegó por última vez a Segovia

Hace unos 86 millones de años, durante el periodo conocido como Cretácico superior, el entorno de la Ciudad de Segovia era una planicie casi perfecta, en la que sólo destacaban pequeñas elevaciones redondeadas; por supuesto, aún no se había formado la Sierra, y la altitud media de la Provincia sobre el nivel del mar apenas era de unas decenas de metros. Lo que luego sería la península Ibérica se encontraba en latitudes subtropicales, por lo que el clima era cálido, con dos estaciones contrastadas (seca y lluviosa).

Al tratarse de una de las épocas más cálidas de la historia de la Tierra, apenas había hielo en los Polos, ni importantes acumulaciones en los glaciares, lo que hizo que el nivel de mares y océanos se elevase significativamente, inundando zonas costeras situadas a baja altitud.

Figura 127. Vista aérea de la ciudad de Segovia desde el suroeste, donde se aprecia su situación a caballo entre el piedemonte serrano (sector meridional, a la derecha) y los relieves de las laderas calcáreas (sector noroccidental, a la izquierda). (Foto: J. F. Martín Duque)



Figura 128. Esquema de los afloramientos en la calle Cervantes (Calle Real), donde se pueden observar rocas formadas en medios intermareales del Cretácico superior. Sobre el alzado de los edificios de la acera de los números impares de la citada calle, se han superpuesto los sitios donde afloran estas rocas, cuyas fotografías rodean al dibujo, y el nombre de los comercios y portales. (Fotos: A. Díez)

Existía un gran océano, denominado Tethys, en la posición del actual Mediterráneo; y sólo estaba emergido el sector occidental de la península Ibérica (Macizo Ibérico) y una isla en lo que actualmente es Aragón (Macizo del Ebro); entre estas dos masas de tierra se establecía un estrecho que conectaba el océano de Tethys con el incipiente océano Atlántico, que se comenzaba a abrir paso en el golfo de Vizcaya.

En estas circunstancias, un ligero aumento del nivel del mar que se produjo en el Santoniense (entre hace 86 y 84 millones de años), supuso un nuevo avance de la línea de costa hacia el oeste, llegando a las proximidades de la actual Segovia. Esta llegada del mar no se produjo de forma brusca y definitiva, sino que tuvo diferentes pulsos de avance y retroceso. Así, se sucedían y alternaban sobre Segovia ambientes de playas, llanuras litorales cubiertas por las mareas, zonas sumergidas con barras arenosas submarinas, pequeños arrecifes, etc., donde habitaban infinidad de invertebrados marinos (moluscos, braquiópodos, corales...) y seláceos (tiburones y rayas).

En el lecho de esas playas, llanuras de marea y zonas submarinas, se depositaron importantes cantidades de fangos calcáreos, arenas, arcillas y limos, que quedaban dispuestos en capas superpuestas, a modo de una gigantesca tarta con infinidad de finas capas. Los restos

laderas y cuevas arenosas

de los animales (dientes de tiburón, conchas de moluscos...) y su actividad vital (perforaciones en el fango, pistas de desplazamiento, etc.) se encuentran en dichas capas rocosas.

Después de millones de años, en los que estos sedimentos fangosos y arenosos fueron enterrados bajo cientos de metros de otros depósitos posteriores, produciendo su consolidación y cementación hasta formar rocas 'duras', la erosión de los valles de los ríos y arroyos (Eresma, Clamores, Tejadilla, Matamujeres...), ha puesto al descubierto esas capas rocosas formadas en las antiguas costas. Por esta circunstancia, existen en el entorno de Segovia una buena cantidad de excelentes afloramientos (lugares donde la roca está al descubierto, visibles sin excavar) de los sedimentos que representan la última llegada del mar a Segovia, hace unos 86 millones de años.

Entre estas rocas, destacan por la perfecta conservación de los detalles propios del ambiente en que se formaron, aquéllas que corresponden a medios mareales, esto es, en los que se reconocen los ascensos de la marea hacia la pleamar y los descensos hacia la bajamar. Estas oscilaciones rítmicas produjeron en el lecho marino una fina alternancia de láminas arenosas (arrastré durante el ascenso de la marea) y limo-fangosas (decantación durante la pleamar), que hoy pueden reconocerse como bancos laminados de areniscas y dolomías.

Algunos de los mejores afloramientos se sitúan en las laderas de valles y cañones (Matamujeres, Tejadilla, Clamores, Eresma...), pero otros están increíblemente bajo las casas de la Ciudad, o sirviendo de paredes a comercios y portales de los edificios de la calle Cervantes (Calle Real). En efecto, estas rocas forman los fondos de las tiendas en los números impares de la calle Cervantes, como la joyería Bayón, complementos Sierra, Marta Serrano, La Roca, Quintanilla, Nápoles y la entreplanta del portal número 17. En la mayor parte de las ocasiones, sus propietarios o promotores, dejaron la roca al descubierto con un excelente criterio estético-cultural, siendo motivo de atracción de sus clientes y visitantes. Los tres grandes niveles distinguidos por correlación de estos afloramientos, permiten reconstruir la llegada del mar, ya que en la base se encuentran llanuras de marea fangosas, seguidas por llanuras de marea arenosas (equivalentes a las playas) y culminadas por medios submareales, ya continuamente sumergidos (rocas de la joyería Bayón).

Para saber más: Díez y Martín (1993)

CABALLOS, UROS, HIENAS Y RINOCERONTES (DE CÓMO ERA TEJADILLA HACE 80.000 AÑOS)

Al menos durante el último millón de años, el clima del centro peninsular ha ido alternando fases frías y templadas con la sucesión de periodos glaciares e interglaciares del Cuaternario. Las dos etapas glaciares más recientes (últimos 200.000 años), denominadas Riss y Würm siguiendo la terminología alpina, supusieron un clima más frío que el actual, aunque no significativamente: la temperatura media anual era apenas unos grados inferior y, sobre todo, los inviernos eran más fríos y duraderos, lo que permitía que permaneciera la cubierta nival de la Sierra de un año a otro, y se transformase en hielo formando glaciares en las cumbres y partes culminantes de las laderas serranas.

En esta situación, la fauna se acantonó en los valles y vegas fluviales, aprovechando las condiciones microclimáticas más templadas y la presencia de agua y alimento. Los grandes vertebrados terrestres utilizaron las cuevas y abrigos cársicos situados en las laderas de los cañones que surcan las lastras y cuevas del piedemonte serrano (Moros, Milanillos, Frío, Tejadilla, Clamores, Eresma, Pirón, Viejo...) como guaridas y cubiles.

Un caso paradigmático es el cañón del arroyo Tejadilla, situado al suroeste de la ciudad de Segovia, en cuyas cuevas y abrigos (El Buho, Alcantarilla, La Llave...) han aparecido, entremezclados con las arenas y arcillas del relleno, restos fósiles de muchos de estos macrovertebrados: équidos, bóvidos, suidos, cérvidos, rinocerótidos, felinos, etc. Destaca la presencia de: rinoceronte (*Stephanorhinus hemitoechus*), hiena de las cavernas (*Crocota crocota spelaea*), uro (*Bos primigenius*, bóvido de gran tamaño, antepasado directo del toro actual), leopardo (*Panthera*

Figura 129. Reconstrucción paleoambiental del cubil de hienas que existió en la boca de la cueva de El Buho, con el fondo del valle de Tejadilla, donde se aprecia un équido. Basado en el dibujo de Mauricio Antón en el libro "Madrid antes del hombre".



laderas y cuevas arenosas

pardus) y caballos (*Equus hydruntinus* y *Equus caballus*). Se ha atribuido a este yacimiento una edad Würm I, primer estadal de la última etapa glacial, hace unos 80.000 años. Esta asociación faunística parece indicar que se trataba de un cubil de hienas, en un entorno paisajístico dominado por la pradera o el bosque abierto no muy frío, por el que circulaba un río de agua permanentes (como indica la presencia de castor europeo, *Castor fiber*).

Otro ejemplo lo constituyen los abrigos del valle del río Chico o Piezga (más conocido como yacimiento de Villacastín), donde se han excavado e identificado 1.100 restos fósiles, pertenecientes a 35 taxones, que representan a las cuatro clases de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) e invertebrados (gasterópodos terrestres). Entre las 25 especies de mamíferos se han caracterizado: micromamíferos (ratones de campo, lirones caretos, ratas de agua, topillos, murciélagos, musarañas, erizos, conejos, liebres...) y macromamíferos (oso pardo, lince de las cavernas, hiena, turón de las estepas, zorro, tejón, jabalí, gamo, ciervo, caballo germánico, asno salvaje...). El yacimiento corresponde a la etapa glacial Riss, en concreto en la transición entre su segundo y tercer estadal (Riss II-III), hace unos 135.000 años (Pleistoceno medio). A partir de la interpretación paleoecológica de la fauna durante esa época, en el entorno del yacimiento se distribuyeron, en iguales proporciones, los terrenos abiertos y cerrados, dominando el bosque caducifolio y las estepas, bajo un clima templado húmedo con influencia mediterránea.

Otros yacimientos de vertebrados pleistocenos que han sido estudiados en la provincia de Segovia son: Murcielaguinos (correspondiente al periodo Holstein, interglacial Mindel-Riss, Pleistoceno medio) en Losana de Pirón; Prádena (atribuido al tránsito entre los estadales Riss II-III, Pleistoceno medio); Pinarillo I y II (asignados al tránsito Wurm I-II, Pleistoceno superior) en Segovia; y Cueva Nueva (Pleistoceno superior), Cueva de Antonio López (Pleistoceno medio), Cueva de la Griega (¿Pleistoceno medio?) y Cueva de la Puerta de la Villa (Pleistoceno medio) todas ellas en Pedraza de la Sierra.

Un dato curioso es que en casi todos los yacimientos se han encontrado coprolitos: restos fósiles de los excrementos, fundamentalmente de los carnívoros de mayor tamaño. Algunos, como los de hienas, son especialmente abundantes y con sus formas globosas terminadas en un apéndice agudo, están perfectamente conservadas al estar constituidos por fragmentos óseos triturados y digeridos de sus presas; en ocasiones puede reconocerse el origen de los fragmentos y huesos pequeños, mayoritariamente correspondientes a lagomorfos (conejos y liebres).

Para saber más: Arribas (1989); Arribas (1994a); Arribas (1994b); Arribas (1995); Arribas (1999); Arribas y Palmqvist (2001); Barea *et al.* (2002); Iñigo (1991); Iñigo (1995); Iñigo *et al.* (1998); Molero *et al.* (1989).



Figura 130. Relleno de la cueva del Buho, con el perfil final de las excavaciones paleontológicas llevadas a cabo en la década de 1980, donde se aprecian diferentes niveles de limos, arenas y arcillas que contenían los restos fósiles. (Foto: A. Díez)

CUEVA DE ENEBRALEJOS: LOS PAISAJES SUBTERRÁNEOS DE SEGOVIA

Existe en la provincia de Segovia una abundante representación de los fenómenos denominados endocársticos: formas subterráneas asociadas a la acción cárstica. Se trata fundamentalmente de morfologías de desarrollo horizontal o subhorizontal (abrigos, solapos, galerías y cuevas), con una presencia menor de las formas verticales, como pozos y simas.

Los fenómenos cársticos se producen por la acción del agua que, mezclada con el CO₂ atmosférico y sobre todo edáfico (del suelo), adquiere carácter ácido y es capaz de reaccionar con las rocas carbonáticas (calizas, dolomías, margas, mármoles...), produciendo su disolución, o la desaparición del cemento que une sus cantos o granos (conglomerados y areniscas). En otras ocasiones, la carstificación consiste en la dilución simple en agua de otras rocas salinas, como el yeso o la halita (sal común).

Las rocas susceptibles de ser carstificadas en la provincia de Segovia pueden agruparse en varios conjuntos:

- Mármoles y calizas cristalinas proterozoicas y paleozoicas, como las aflorantes en diversos lugares de la Sierra de Guadarrama y su piedemonte (Vegas de Matute, Hontoria, Nueva Segovia...), y localizaciones puntuales de la Sierra de Ayllón (Estebanvela).
- Calizas, dolomías, margas y areniscas dolomíticas mesozoicas, tanto jurásicas (Honrubia de la Cuesta, Torreadrada...) como sobre todo cretácicas (Segovia, Pedraza, Prádena, Sepúlveda...).
- Conglomerados calcáreos, yesos, margas y calizas cenozoicas, situados en el borde de los macizos montañosos (Segovia, Francos, Fuentidueña...) o en los páramos septentrionales (Cuéllar, Sacramenia...).

Entre todos estos conjuntos destaca, cuantitativa y cualitativamente, la carstificación que se ha producido en las calizas y dolomías cretácicas, tanto en las orlas SO-NE que bordean a lo largo de 112 km el piedemonte del Sistema Central (Ituero y Lama, Valdeprados, Madrona, Segovia...Grado del Pico) y otros macizos (Santa María de Nieva-Carbonero, Lastras del Pozo, Lastras de Cuéllar, Fuentidueña...), así como cubriendo alguno de los macizos que conservan la cobertera sedimentaria (Prádena-Pedraza, Torreiglesias, Sepúlveda, Montejo de la Vega...). En estas rocas, el proceso de formación de conductos endocársticos comenzó en el Plioceno, poco antes de quedar expuestos los macizos por arrasamiento superficial, y liberados de los sedimentos cenozoicos que los cubrían; los primeros rellenos detríticos de los conductos con restos fósiles, datan del Pleistoceno medio.

La carstificación no es un proceso aleatorio dentro de la roca, sigue unas direcciones y desarrollos determinados por diversos factores, entre los que destacan: la

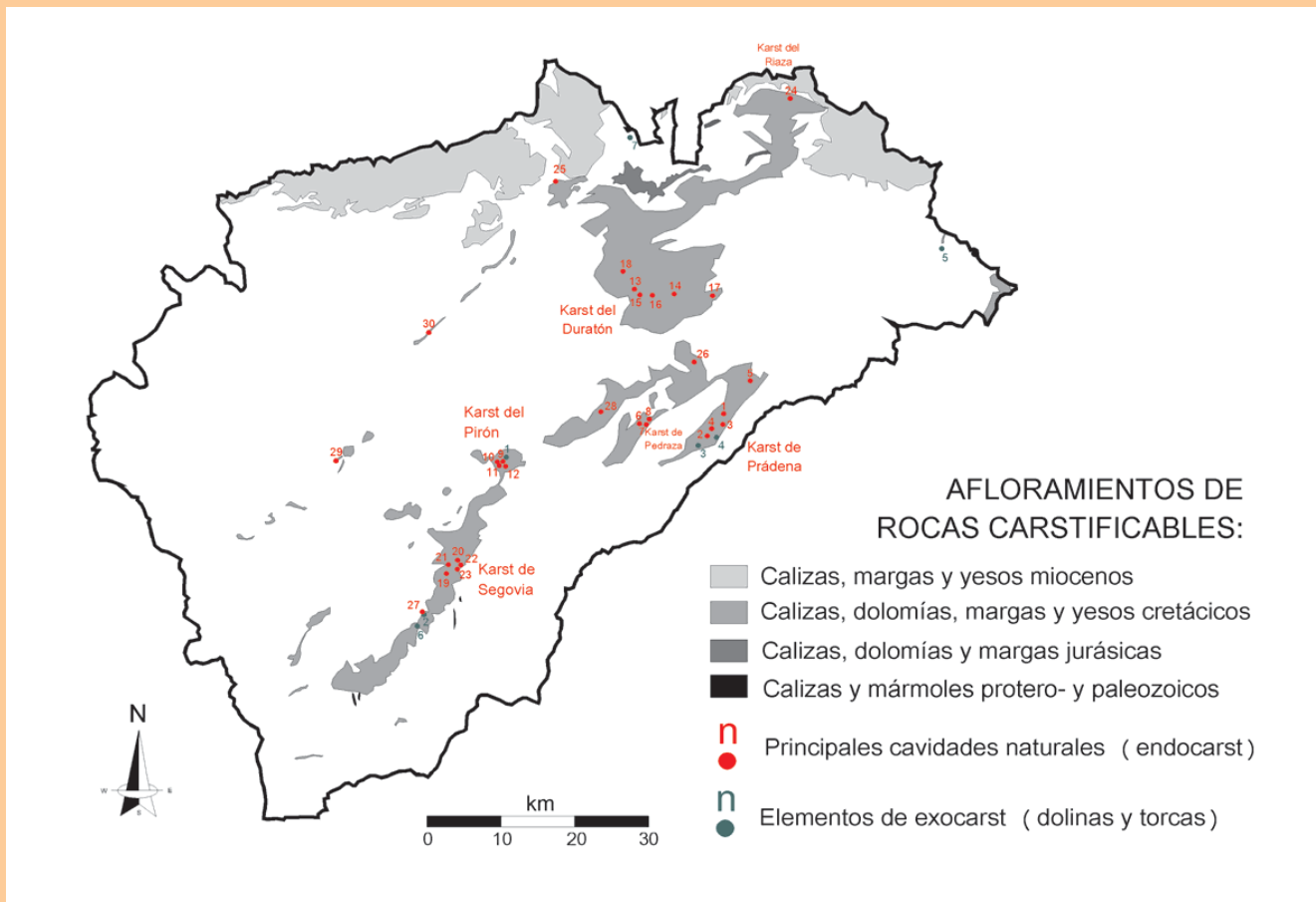


Figura 131. Mapa de los macizos karstíficables de Segovia y la situación de las principales cavidades (números en rojo), con sus dimensiones (longitud/profundidad en metros). **Karst de Prádena:** 1, Cueva de los Enebralejos (3670/-13); 2, Cueva Pepón (1621/-16); 3, Cueva del Jaspe (1253/-15,5); 4, Sumidero del Molino del Monte (1223/-9); 5, Cueva Las Mesillas (391/-8). **Karst del Pedraza:** 6, Cueva Nueva; 7, Cueva de la Cárcel o de la Puerta de la Villa; 8, Cueva de la Griega. **Karst del Pirón:** 9, Cueva de la Vaquera; 10, Cueva de la Arena; 11, Cueva de Murcielaguinos; 12, Cueva de Santiaguito. **Karst del Duratón:** 13, Cueva del Cuarcimalo I y II; 14, Cueva del Cura; 15, Cueva de Molinilla; 16, Cueva de los Siete Altares; 17, Cueva de la Lastra Giriega y Fte. Salud; 18, Cueva de la Nogaleda. **Karst de Segovia:** 19, Cuevas de Tejadilla (La Llave, El Buho y La Alcantarilla); 20, Cuevas del Parral; 21, Cuevas de Peñas Grajeras (Zape); 22, Cueva de la Zorra y del Alcázar; 23, Cuevas del Pinarillo-Clamores. **Karst del Riaza:** 24, Cuevas de El Casuar. **Otras cavidades:** 25, Cueva de Fuentidueña; 26, Cuevas de Castroserna; 27, Cueva de la Sima (Madrona); 28, Cueva de la Solana de la Angostura (Arevalillo de Cega); 29, Cueva del Tormejón (Armuña); 30, Cueva de la Mora (Aguilafuente); 31, Cuevas de Navares. **Elementos exocársticos** (números en verde): 1, Torca del Viejo (Torreiglesias); 2, Sima de Madrona; 3, Hundas de Arcones; 4, Dolinas de Prádena, 5, Torca de Francos; 6, Dolinas de Fuente Salada; 7, Dolinas de Valtiendas.

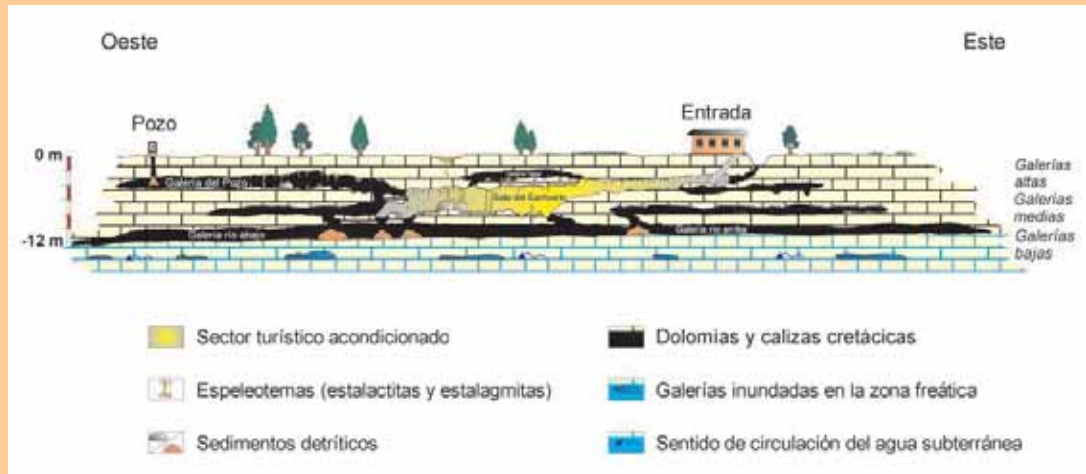


Figura 132. Alzado esquemático de la cueva de los Enebralejos, donde se aprecia su desarrollo netamente horizontal, con varios niveles de galerías que siguen la estratificación de las dolomías y calizas cretácicas. Modificada de la imagen amablemente cedida por Julio Barea (Barea, 2001).

naturaleza de la roca, su espesor (potencia) y disposición (estructura o inclinación), la presencia de discontinuidades (planos de estratificación, fallas, diaclasas...), la disponibilidad de agua, y la posición del nivel de base (marcado por un río próximo). Los condicionantes estructurales, fundamentalmente la fracturación (fallas y diaclasas) son los más importantes en la disposición de las cavidades, con direcciones predominantemente meridianas: N-S (Sepúlveda), NNO-SSE (Pedraza) y NNE-SSO (Prádena); subparalelas a la dirección de máximo acortamiento horizontal que produjo la elevación del Sistema Central.

El desarrollo del endocarst en Segovia está enormemente limitado en la vertical, al existir importantes variaciones composicionales y espesores exiguos de rocas; y en la horizontal, al haber quedado el sistema rápidamente colgado respecto al nivel freático, y por tanto pasado pronto de la etapa freática (cavidades rellenas por agua) a la etapa vadosa (cavidades rellenas de aire) y ser relleno por depósitos detríticos.

La mayor parte de las cavidades consisten en una única galería horizontal desarrollada en un mismo banco o estrato, cuya parte superior sirve de techo a la cueva, con una longitud de un centenar de metros, en los cuales describe un trazado ligeramente sinuoso (meandriforme); normalmente finalizan por estrechamiento del conducto, haciéndolo impracticable espeleológicamente, o por obturación por relleno detrítico. La sección transversal típica es subcircular, herencia del tubo en la fase freática, con un pequeño encajamiento en la base correspondiente a la fase vadosa, y que normalmente está relleno de material detrítico. Los espeleotemas de precipitación química son raros y escasamente desarrollados, con predominio de las

laderas y cuevas arenosas

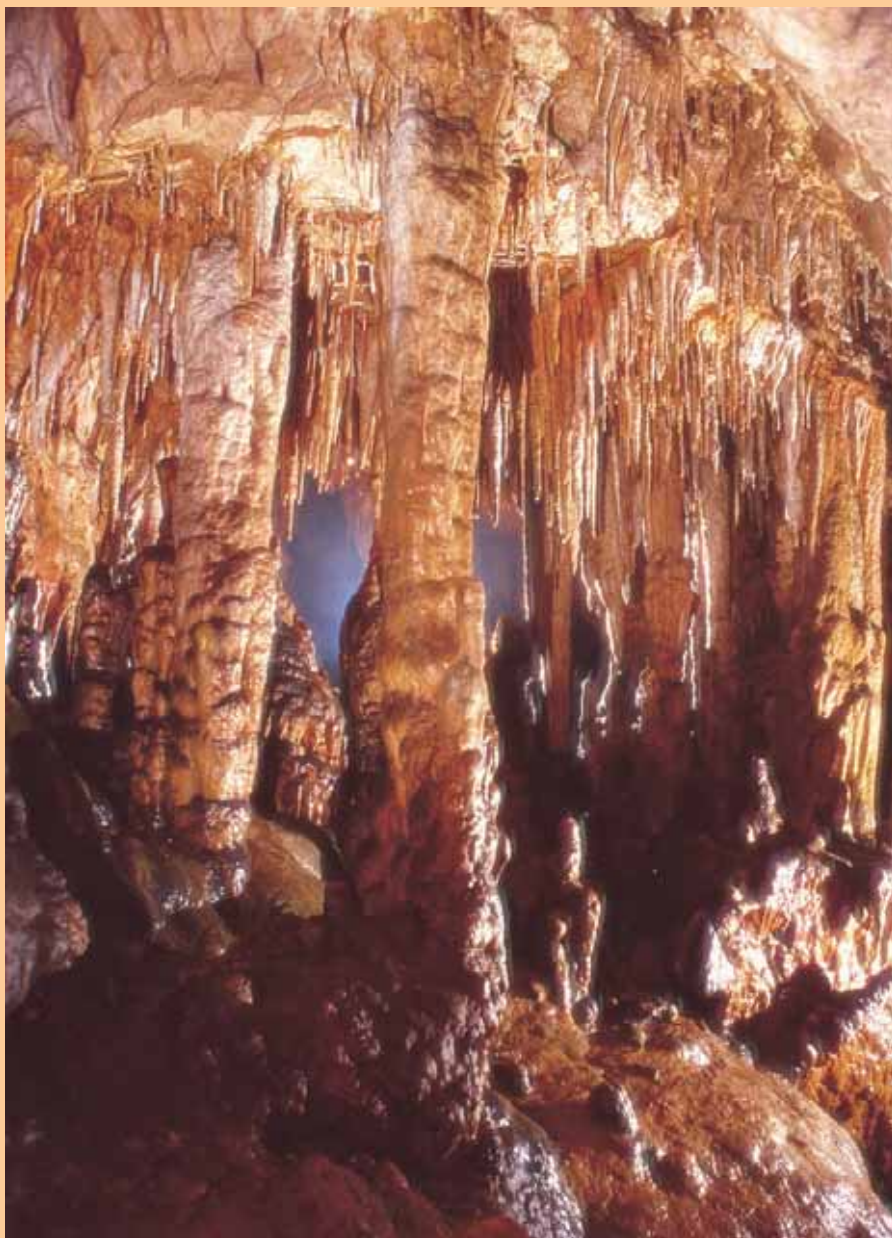


Figura 133. Formaciones de espeleotemas en la cueva de Enebralejos (Sala de la Diaclasa). (Foto: Juan Bielsa, amablemente cedida por el grupo TALPA)

estalactitas (de pequeño diámetro, denominadas popularmente 'macarrones'), estalagmitas, banderas y costras. Tan limitadas son las dimensiones de las cavidades en Segovia, que abundan términos como: *boquizo*, para las bocas de cuevas pequeñas que sirven de guarida a conejos y otros animales (comarca de Cuéllar); y *hornacho*, para agujeros y cavidades en la roca, semejantes a un horno o a la boca del mismo (Tierra de Sepúlveda).

Destaca, como excepción que confirma la regla, la cueva de Los Enebralejos (Prádena), única de la Provincia que está incluida en el catálogo de grandes cavidades españolas, con sus más de tres kilómetros y medio de desarrollo (longitud total, 3670 m; profundidad máxima, -13 m). Redescubierta al realizar un pozo en 1932, una parte de su recorrido ha sido habilitada para la visita turística desde el año 1995. La cueva se puede dividir en tres sectores (Bielsa y Gutiérrez, 1999): Entrada (galerías Turística, del Hundimiento y Talpa, y salas de los Enterramientos y Santuario), Río Arriba (galerías Río Arriba, de la Tortícolis, y del Parto) y Río Abajo (galerías del Pozo, Intermedia y Río Abajo, y sala de la Diaclasa). Entre las formaciones de espeleotemas destacan, dentro del sector turístico, las denominadas 'Las Palmeras' (dos columnas), 'La Cascada', 'El Fantasma' y 'La Pared de los Colores'; en el recorrido espeleológico destacan 'La Lámpara' y los enrejados de estalactitas de las galerías del Parto y del Pozo. En el mismo sector de Prádena se sitúan más de una treintena de cavidades, entre las que destacan por su desarrollo las cuevas: Pepón (1563 m, -16 m), El Jaspe (1254 m, -15,5 m), Nueva o de los Molineros (428 m, -15 m), y de las Mesillas (391 m, -8 m). La cueva del Jaspe es especialmente singular, tanto por su desarrollo vertical-horizontal (con cascadas, sumideros y sifones), como por servir de sumidero a un arroyo procedente de la Sierra.

Para saber más: Barea (2001); Barea (2002); Barea *et al.* (1999); Barea *et al.* (2000); Barea *et al.* (2002a); Barea *et al.* (2002b); Barea *et al.* (2002c); Bielsa y Gutiérrez (Dtors.) (1999); Gutiérrez (1998); Gutiérrez y Bielsa (1994); Llorente (1898); Moreno (1979-1980); Moreno (1989); Moreno y Sanz Donaire (1983); Ortiz (1997); Puig y Larraz (1896); Puig y Larraz (1897); Sección Espeleológica de Ingenieros Industriales (1982); Séptima promoción de la Escuela Técnica de Peritos Topógrafos (1979); TALPA.

La espeleología nació en Pedraza

La Espeleología cobra en España carácter de ciencia independiente de la Historia Natural a partir del siglo XIX. Es entonces cuando se hace frecuente que ingenieros de minas, naturalistas y religiosos se dediquen a

laderas y cuevas arenosas



visitar cuevas para observarlas y recoger en ellas muestras paleontológicas y/o arqueológicas. Estos hombres pondrían la base de una ciencia prácticamente nueva por entonces en nuestro país, pero ya abordada en otros lugares de Europa como Alemania o Francia, donde existían importantes estudios monográficos sobre cuevas, como el *Monde Sousterrain* de Sire Compte de Gaffarel (1654), el *Mundus subterraneus* de Athanasius Kircher (1665), o el *Der Herzogtumkrein der Hertz* de Valvassor (1780-1790).

Figura 134. Vista de la boca de entrada a la cueva de la Cárcel en Pedraza, en primer plano, con los edificios del recinto amurallado de la Villa al fondo. (Foto: A. Carrera)

A

En la antiqüissima Villa de Pedraza de la Sierra, feis le-
guas distante del Real Sitio de Balfain, debaxo de la Carcel de
aquella Republica hay una estrecha boca, que dà entrada à
una Cueva donde fe admiran, y ven algunas piezas de las que
nos cuenta Scheuchzer de sus Alpes. En ella, por darne gusto
el Licenciado Don Manuel Severino Baez y Llerena Corregidor
de aquel Partido hizo entrar feis esforzados juvenes con ha-
chas de viento, y cautelòla prevencion de un hilo fuerte para
no

(c) Kirck. en su Mundo Subterraneo de Gernm. & Lapidib. &
(d) Scheuchz. en el segundo Viaje de las Alpes, pag. 122. miki.

B

43
no perder el camino; y havandola registrado, admiraron (segun
dixeron) las fabricas, columnas, y figuras de Scheuchzer, y me
remitiò con la noticia de esta entrada una gran piedra de aque-
llas solidissimas *Estilacitas*, que muchos de esta Corte han teni-
do por crystal montano, la que può en mis manos el dia 19.
de Diciembre del año de 1752. uno de los mismos que entra-
ron, llamado *Phelipe Gonzalez*, natural de *Pedro Rubio*, jurif-
diction de *Sepulveda*. El Padre Fray *Diego Lopez Cogolludo*, de
mi Religion Sacerdote, en su *Historia de la Cueva de Pedraza*

Figura 135. Reproducción del texto de Torrubia (1754, pág. 42 (A)-43 (B)), donde se narra la exploración de la cueva de la Cárcel en Pedraza.

En España, antes del siglo XVIII existían solamente breves mencio-
nes de incursiones a cavidades, en libros de tema muy diverso y disper-
so. Pero es en la obra *Aparato para la Historia Natural Española* (1754)
del franciscano José Torrubia donde encontramos por primera vez refe-
rencias documentales a la exploración de cuevas con fines científicos.
En ella se describen, con todo lujo de detalles, dos incursiones realiza-
das en cuevas de Segovia (1752) y Guadalajara (1753), en cuya explo-
ración intervino el propio Torrubia.

En la Cueva de la Cárcel (Pedraza de la Sierra, Segovia), el corregidor
de aquel partido, D. Manuel Severino Báez y Llerena, *por dar gusto* a
Torrubia, como él mismo dice, “*hizo entrar a seis esforzados (valientes) jove-
nes con hachas de viento* (antorchas), y *cautelosa prevencion de un hilo
fuerte* (es decir, sujetos con una cuerda) *para no perder el camino*”. Dentro
de la cueva encontraron estalactitas, que arrancaron y sacaron al exterior.

El 19 de diciembre de 1752, el corregidor le mandó a Torrubia el rela-
to del hecho por medio de uno de los jóvenes que habían entrado en la
cueva, y que se llamaba, según cuenta el naturalista, “*Phelipe Gonzalez*”,
y añade que era natural de “*Pedro Rubio*” (Perorrubio), de la “*jurisdiccion
de Sepulveda*”. En el Archivo Parroquial de Perorrubio se encuentran las
partidas de bautismo y matrimonio de este Felipe González, que debía
contar unos 20 años cuando entró en la cueva de Pedraza.

Además de la narración de la expedición, el corregidor envió a
Torrubia una de aquellas estalactitas, de la que el franciscano dice que
“*muchos en esta Corte* (en Madrid) *han tenido por crystal montano*
(cuarzo)”. Seguramente la estalactita pasó a formar parte de la importan-
te colección y archivo personal de Torrubia, actualmente en paradero
desconocido.

La cueva de la Cárcel de Pedraza se llama así porque, tras recorrer
durante doscientos metros sus galerías, se llega a estar bajo la cárcel
vieja de la villa. Es una cueva bien conocida por los investigadores del
siglo XIX, como Casiano de Prado (De Marcelo *et al.*, 1997), y por los
espeleólogos de nuestros días, algo que demuestran las numerosas ins-
cripciones epigráficas que ocupan sus galerías.

Así pues, la Espeleología española, como disciplina científica, nació
en Pedraza (Segovia) hace más de 250 años.

Para saber más: Díez *et al.* (1992); De Marcelo y Díez (1998); De
Marcelo y Díez (2002); De Marcelo *et al.* (1997); Torrubia (1754).

LAS HUNDAS DE ARCONES

Cerca de la localidad de Arcones, en el paraje de La Mata, situado en la margen derecha de la pista que se dirige hacia el Valle de Lozoya atravesando la Sierra Calva, se encuentran unas curiosas hondonadas que dan lugar a un paisaje insólito en nuestra Provincia. Se trata de las conocidas Hundas de Arcones: un sistema de pequeñas depresiones (huecos) de forma cónica o troncocónica, que salpican la rampa del piedemonte serrano, a modo de un campo bombardeado. En origen, el término hunda se asignaba en Arcones a hundimientos por donde desaparecen bajo tierra las aguas para salir de nuevo (Calleja, 1996).

Las hundas son dolinas o torcas, formas del relieve que se generan por la acción cárstica, un conjunto de procesos en los que el agua, mezclado con el dióxido de carbono del aire y del suelo (que le confiere un carácter ácido), es capaz de disolver las rocas carbonáticas (calizas y dolomías).

Entre las diferentes morfologías de dolinas que se han descrito, las hundas de Arcones son de hundimiento, esto es, se han formado por el colapso del techo de una cavidad subterránea. La proximidad de las dolinas a las zonas donde se sumen los arroyos bajo tierra, hace que las cavidades se ubiquen muy someras (a poca profundidad), lo que facilita su hundimiento. Sin embargo, normalmente no se observan las paredes verticalizadas puesto que los materiales del techo hundido y el recubrimiento de cantos y arenas, rellenan el hueco, dando formas suavizadas y redondeadas en los bordes, por lo que también se denominan dolinas aluviales o cubiertas. Sólo una de ellas, donde las rocas carbonáticas carecen de recubrimiento de conglomerados, puede catalogarse como dolina de disolución o absorción, con morfología cónica excavada en las propias calizas.

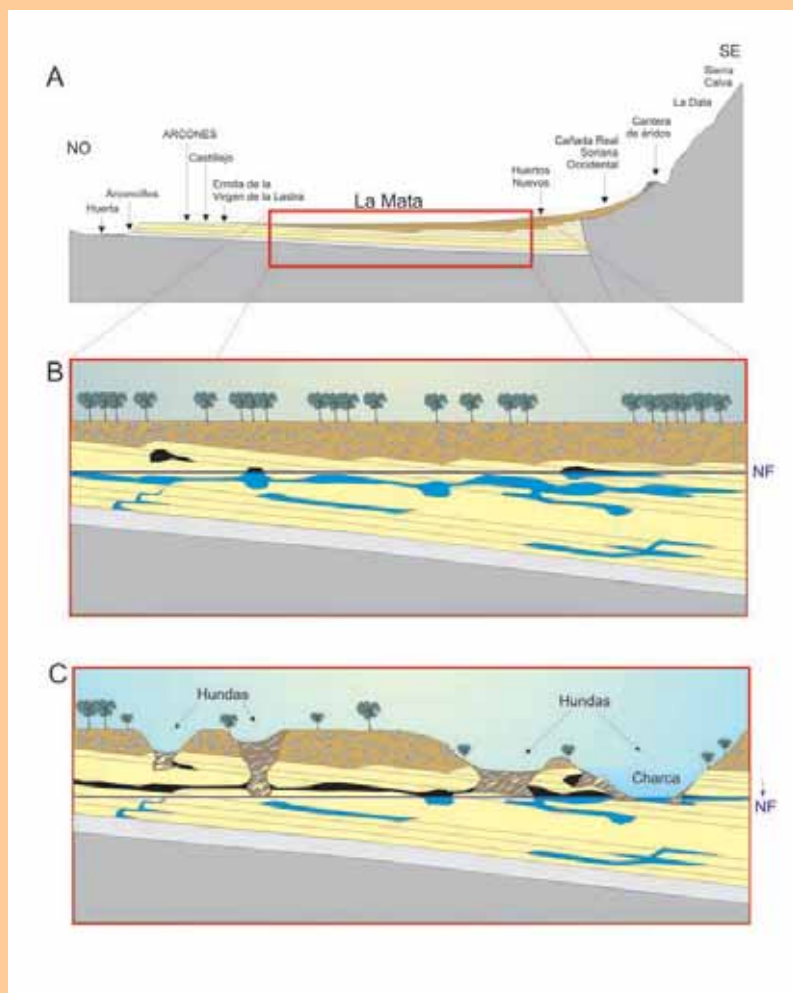
La situación preferente de las dolinas en el piedemonte serrano se debe a los tres factores que controlan su desarrollo: presencia de litologías carbonáticas (calizas, dolomías, margas...), en este caso de edad Cretácico superior y origen marino; la existencia de discontinuidades en la roca por las que pueda penetrar la acción cárstica, en este caso los planos de estratificación (subhorizontales), y las fallas y diaclasas (subverticales) de origen tectónico; y por último, una disponibilidad suficiente de agua, que en su mayoría procede de la infiltración de los arroyos que drenan las laderas impermeables de la Sierra y, en menor medida, de la lluvia y la fusión nival directamente sobre las rocas carbonáticas.

Como la superficie freática durante la fusión nival de primavera está próxima a la superficie del terreno, el fondo de las hundas aparece inundado durante varios meses, desecándose progresivamente a medida que desciende, lo que genera el característico zonado concéntrico en la densidad y tipología de la vegetación en las sucesivas orillas.



Figura 136. Una de las Hundas de Arcones, cuyo fondo está ocupado estacionalmente por el agua, que nos indica la situación del nivel freático. (Foto: J. F. Martín Duque)

Figura 137. Cortes geológicos idealizados de la formación y situación actual de las Hundas de Arcones. A) Contexto geológico del paraje de La Mata, donde se ubican las Hundas, desarrolladas en las calizas cretácicas (beige), que se sitúan sobre los gneises (gris), y a las que se superponen los conglomerados (pardo). B) Bajo el manto de conglomerados, las calizas se encuentran carsificadas, circulando el agua por cavidades y fisuras ensanchadas. C) Con el descenso del nivel freático, algunas de las cavidades más superficiales (que quedan vacías de agua) sufren el hundimiento de los techos, a lo que sigue su relleno por los conglomerados suprayacentes, formando en superficie las Hundas; en las más profundas, aflora el agua durante la primavera, dando lugar a encharcamientos estacionales.



Existen otros lugares con dolinas y torcas en la Provincia, pudiendo destacar: Prádena (La Hunda, Cueva de las Tintoreras...), Torreiglesias (cañón del río Viejo), carretera de Madrona a La Losa (La Sima), Casla, Francos (en conglomerados calcáreos), Caserío de San José (Valtiendas), etc.

Para saber más:

Moreno (1978); Moreno (1979-1980); Moreno (1988); Moreno (1989).

laderas y cuestas arenosas



Figura 138. Boca de la torca de Francos, una dolina de colapso formada en conglomerados calcáreos. Cuando se formó tenía una forma cilíndrica y más de 13 m de profundidad. (Foto: A. Carrera)

LASTRAS Y CUESTAS

La estructura de las rocas condiciona el paisaje

Los relieves calcáreos del piedemonte ofrecen la posibilidad de establecer buenas relaciones entre las formas del terreno que vemos y la estructura (disposición) de los estratos que las componen. Los estratos de rocas sedimentarias (calizas, dolomías, margas y arenas) que subyacen a estos terrenos se depositaron en capas horizontales, y en algunas zonas fueron luego ligeramente plegados y basculados con la elevación de la Sierra. Al ser erosionados posteriormente han dado lugar a toda una serie de relieves típicos.

Si los estratos de roca están horizontales, o muy poco inclinados, se originan relieves tabulares, a modo de plataformas o **mesas**, cuya superficie constituyen las populares **lastras**.

Cuando un conjunto de estratos está inclinado en un único sentido (basculado), las formas del terreno reciben distintas denominaciones en función de la inclinación (buzamiento) de los bancos de roca. Si los estratos se encuentran ligeramente inclinados, aparecen las **cuestas**. Si los estratos están verticales, y alguno de los más resistentes forma una especie de caballón, se llaman **crestas** o **picoz**. En la franja sedimentaria de 'las lastras' no son muy abundantes, aunque podemos destacar la alineación del Cerro Pelón y El Cerrón, en Castroserna de Arriba, y los relieves asociados a los pliegues del Macizo de Sepúlveda (ver páginas 248-249).

Localmente, dentro del esquema general recién descrito, aparecen rocas ple-

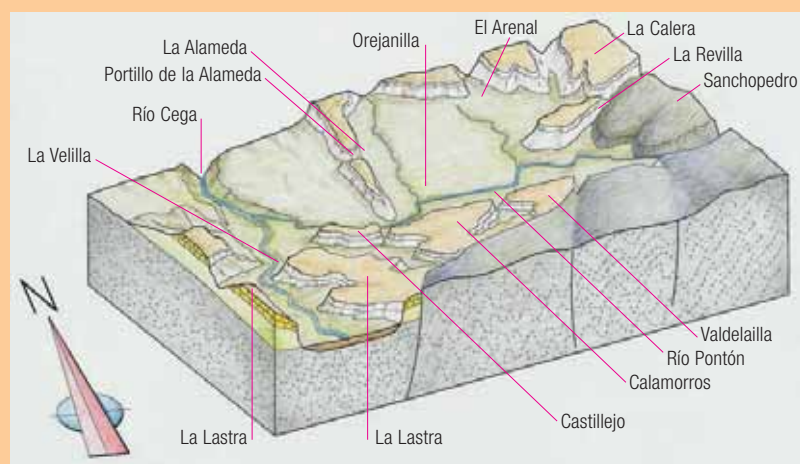


Figura 139. Bloques diagrama geológicos de la configuración actual del relieve de mesas en el entorno del municipio de Orejana (en ésta página) y en el valle del Cega-Pedraza de la Sierra (en la página siguiente). Los relieves tabulares, actualmente separados por valles y vallejos, originalmente formaban una amplia planicie formada por la disposición subhorizontal de las rocas sedimentarias cretácicas.

lastras y cuestras arenosas

gadas con diferentes disposiciones, como las **antiformas** (cuando los estratos adoptan una estructura similar a un arco) y las **sinformas** (cuando los estratos adoptan una estructura similar a un surco o canal). Así sucede en Valredondo (Brieva), Valle de Tejadilla y Torreiglesias.

Mesas, lastras, vallejos, arenales y portillos: la comarca de Pedraza

El municipio de Orejana se extiende por diferentes formas del relieve: desde las vegas del río Pontón, hasta las gargantas de su afluente, el arroyo de la Calzada; y desde las planicies entre El Arenal y Orejanilla, hasta los cerros del piedemonte en Sanchopedro.

Sin embargo, entre todos ellos llaman la atención los relieves que, a modo de elevaciones con culminación llana, se levantan cerca de un centenar de metros sobre el lecho del río Pontón y sus afluentes. Nos referimos a los cerros de Valdelaila (1.106 m), Calamorros (1.106 m), Castillejo (1.083 m), Alameda (1.121 m), Revilla (1.096 m), La Calera (1.136 m), Pico del Hoyo (1.153 m), Alto de la Majadilla (1.174 m)... Además continúan hacia términos municipales limítrofes, como el de Pedraza, donde destacan los cerros de: La Lastra (1100 m), Las Torcas (1.114 m), Los Molares (1.116 m), Vaíllo (1.072 m); y el propio montículo de cumbre plana sobre el que se sitúa el recinto amurallado de Pedraza (1.072 m).

Estas elevaciones tabulares, de cumbre plana bordeada por laderas rectilíneas de fuertes pendientes, reciben los nombres de: mesas (por su similitud morfológica con el mueble doméstico), plataformas, muelas (de ahí topónimos como Los Molares y El Molar), y lastras; el paraje de la Lastra de la Muela, situado al SE de

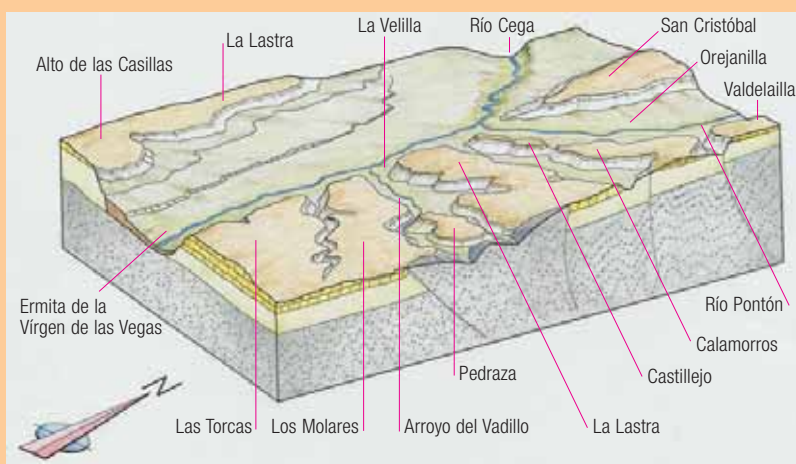




Figura 140. Vista aérea de las mesas y lastras de Orejana. Se observan varios relieves tabulares, con culminación plana, que generan varias líneas de horizonte subparalelas. Entre estos cerros, amplios valles dejan al descubierto los sedimentos arenosos y arcillosos, que dan nombre a la población de El Arenal. (Foto: Justino Díez)

Torreiglesias, y el cerro de la Muela en Valle de San Pedro son buena prueba de ello.

El topónimo lastra, muy difundido en la provincia de Segovia, tiene un origen incierto, posiblemente latino, haciendo referencia a las lajas de roca, lanchas o piedras llanas que se colocaban en la construcción de las calzadas romanas; después ha sido profusamente utilizado en lugares de repoblación medieval riojana y vasconavarra (*arlasta* [en *euskera*] = losa de piedra formada de manera natural), como Burgos o Soria, dando nombre a numerosas localidades segovianas (Lastras del Pozo, Lastras de Cuéllar, Lastras de Lama, La Lastrilla), infinidad de topónimos de parajes, e incluso ermitas y vírgenes (Virgen de La Lastra en Arcones). Derivado de este término, se usa en Segovia el vocablo 'lastreño/a' para designar a un terreno de lastra poco apto para el cultivo (Calleja, 1996), debido a la delgadez de los suelos fértiles y a la escasa profundidad a la que aparecen las rocas calcáreas, que les confieren una alta pedregosidad. Los paisajes de lastras son característicos del entorno de Segovia y Zamarramala, Espirdo y La Higuera, Torreiglesias, Caballar, desde Torreval de San Pedro hasta Pedraza, el entorno de las 'Valleruelas' (de Sepúlveda y Pedraza), o La Matilla, Villar de Sobrepeña, y Villaseca, entre otras muchas localidades.

El origen de todos estos relieves es bien conocido: en un principio las cumbres de los cerros formaban una única zona casi plana (como puede deducirse de la semejanza entre sus cotas, que rondan los 1100 m sobre el nivel del mar); fueron los ríos y arroyos situados entre ellos los que, durante la formación de sus valles ('vallejos') a partir de esta planicie culminante, fueron encajándose y dejando individualizados los diferentes cerros, que quedaban aislados como torreones o castillos ('castillejos'). Allí donde el encajamiento de los arroyos, por su escasa entidad, no alcanzó a separar del todo los cerros, dejó entre ellos pequeños collados o portachuelos (El Collaillo, Portillo de la Alameda...), que han aprovechado los caminos vecinales y carreteras, vías pecuarias (Cañada Real de Orejana), e incluso localidades que buscaban el abrigo del relieve (Revilla). Por el contrario, donde los valles entre los relieves adquieren mayores dimensiones, se forman las 'valleruelas', que dan nombre a los municipios de Valleruela de Sepúlveda y Pedraza.

La base de las laderas de estos relieves está formada por arenas y arcillas de origen fluvial (véase páginas 188-191), cuyas vertientes adoptan formas rectilíneas a ligeramente cóncavas, que reciben los topónimos de laderas (Laderas de Orejanilla) y cuestas; en ellas es frecuente encontrar zonas acarcavadas ('arenales') y vegetación arbórea de encinar, al no haber sido roturadas por sus elevadas pendientes. Las rocas carbonáticas, más cementadas y resistentes, sirven de protección frente a la erosión a las arenas infrayacentes, más deleznable. Los estratos de calizas y dolomías afloran en la culminación de los cerros formando escarpes escalonados, y dan lugar a delgados suelos pedregosos, y a pequeños cortados en la

lastras y cuevas arenosas



parte superior de las laderas. A veces, los afloramientos de rocas carbonáticas son tan estrechos que recuerdan a ruinas de castillos (Castillejo en Orejana y Espirido; Los Castillejos en Arahetes); otras, constituyen cerros elevados que han servido de ubicación a poblamientos desde antiguo, haciéndose eco la toponimia de esta circunstancia (Los Castros en Valseca); o tienen formas características troncocónicas que se asemejan a útiles domésticos (El Serón, en Segovia); finalmente han sido objeto de explotación de recursos naturales, como la cal (La Calera y El Calerón).

Figura 141. Vista aérea del cerro de la Muela (Valle de San Pedro), un relieve tabular con forma de mesa, condicionado por la protección que ejercen los materiales suprayacentes (calizas, dolomías y areniscas, con tonos grisáceos) sobre las arcillas y arenas de las laderas, blanquecinas y afectadas por acaravamientos. (Foto: Justino Díez)



Figura 142. A) Los terrenos situados entre Riofrío y Madrona constituyen cuestras. La ladera poco inclinada hacia Madrona constituye un 'dorso de cuesta', ya que coincide con las superficies de los estratos. B) En las proximidades de Ituerto y Lama, la mayor inclinación de los bancos de roca, origina cuestras inclinadas que muestran sus dorsos a la carretera N-110. (Fotos: A. Carrera)



Las cuestras del piedemonte del Guadarrama

Un relieve en cuesta se caracteriza por una ladera larga y poco inclinada ('dorso de cuesta'), coincidente de manera aproximada con las superficies que separan los estratos, y una ladera corta y de más pendiente ('frente de cuesta'). Buenos ejemplos aparecen desde Vegas de Matute hasta el arroyo Tejadilla, de manera casi continua. Pero también en Gallegos (Torregil), Matabuena, Matamala, Arcones, Prádena y Casla. O en el entorno de El Cubillo y El Guijar, una de las pocas localizaciones del piedemonte con un verdadero 'relieve en cuestras': es decir, una alineación de varias cuestras.

Cuando los estratos tienen mucha mayor inclinación (próxima o superior a 45°), aparecen relieves de tipo cuestras inclinadas (en terminología anglosajona, *hogback*, en alusión a su semejanza con la cresta que forma el espinazo de los cerdos). Los mejores ejemplos de toda esta franja sedimentaria están en Ituerto y Lama.

lastras y cuestras arenosas

¿Un valle redondo? Valredondo, Brieva

Valredondo del Monte refiere un paraje situado en las proximidades del caserío de Quintanar, pero dentro del término municipal de Brieva. Esta inmejorable descripción toponímica da nombre, en efecto, a un verdadero 'valle redondo'. El origen de esta morfología es el siguiente (figura 143): en las inmediaciones de Brieva y La Higuera los estratos están más o menos horizontales, pero se curvan en su borde norte, cerca de Quintanar, produciendo una especie de escalón (pliegue 'monoclinal' o 'en rodilla'). Pero sucede además que en la zona de máxima flexión (lo que sería el 'borde' del escalón) las rocas no se plegaron uniformemente, como lo haría un doblez de un papel o la arruga de una alfombra, sino que se formaron pequeños abombamientos, denominados 'domos', similares a las zonas elevadas de una huevera.

Con posterioridad, la erosión actuó en la parte central (o zona más abombada) de esos domos, truncando las capas superiores y más duras (calizas y dolomías). Una vez dismanteladas esas capas, la erosión llegó hasta los estratos inferiores de arenas y arcillas. Como estos estratos son más fácilmente erosionables que los superiores, cuando la acción erosiva (fundamentalmente debida a agua corriente) llegó a estos niveles, 'vació' el interior del domo, produciendo una depresión o valle circular, que constituye el citado 'Valredondo'. El resultado final, el que vemos actualmente, queda definido por una depresión o valle que está bordeada por unas capas duras que tienen un patrón circular (figura 143).

La cluse de Tejadilla

La combinación entre distintas tipologías de antiformal y sinformas, y sus diferentes posibilidades de erosión, ofrece un gran número de formas del relieve. En una

Figura 143. (A) Representación de la formación de Valredondo: los estratos, inicialmente horizontales (A), son deformados durante la orogenia alpina, formando pliegues dómicos (B); la posterior erosión de las partes altas de los domos y el vaciado de su núcleo, genera valles con forma circular (C). (D) La depresión con forma circular del centro de la imagen corresponde a Valredondo, Brieva. En esta localización, los estratos que subyacen al paisaje de las lastras formaban un pequeño abombamiento o domo, cuya parte culminante fue erosionada. Como resultado, ha quedado una depresión o valle circular, cuyo fondo aparece cultivado. La imagen muestra además un buen ejemplo de relación entre sustrato y uso del suelo. Los encinares del primer término de la fotografía se asientan sobre conglomerados y arenas, mientras que el entorno sin vegetación de Valredondo tiene un sustrato de calizas y dolomías (terreno de lastras, deforestado para pastizales). (Foto: J.F. Martín Duque)

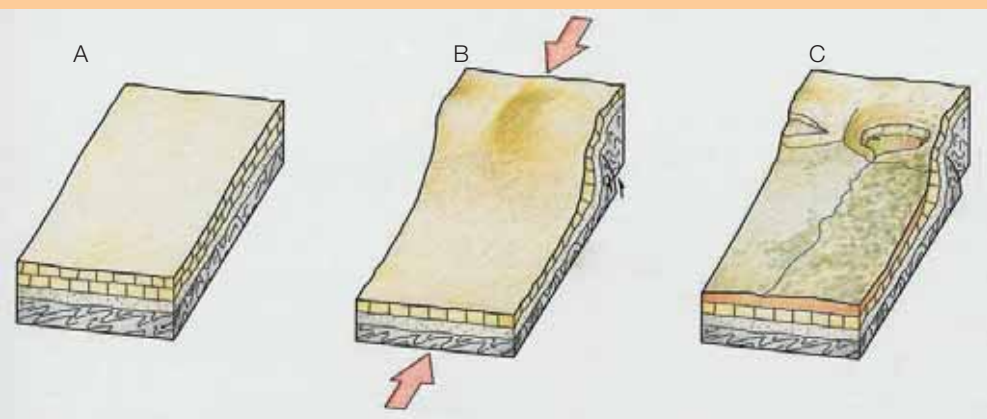




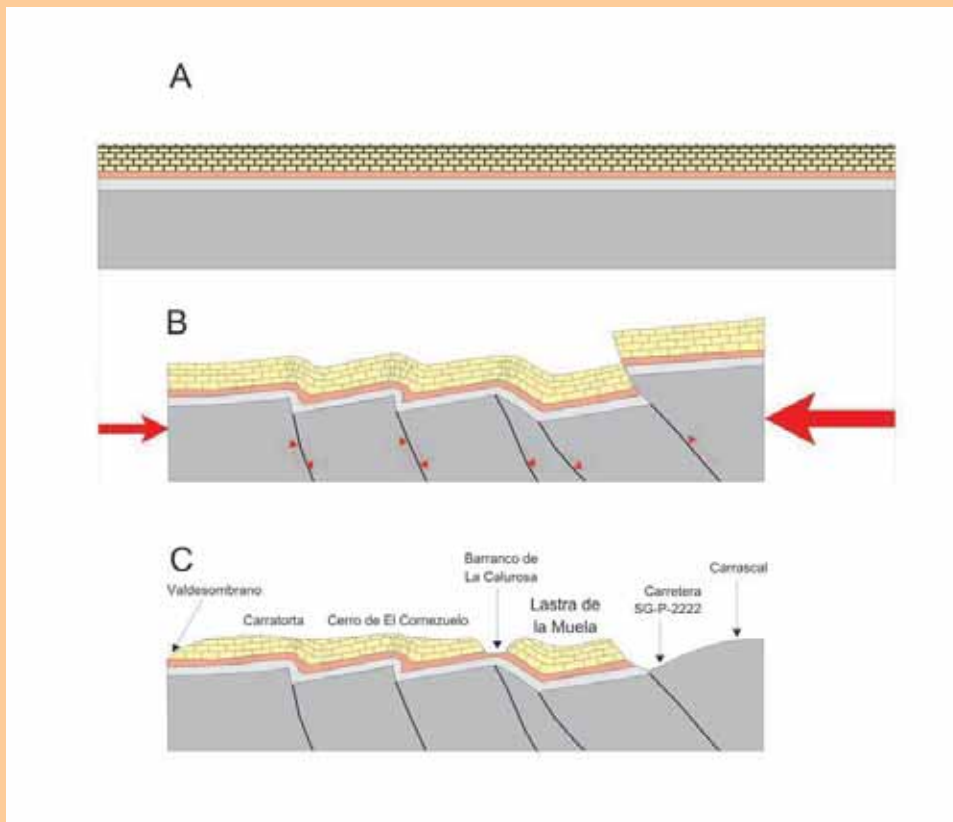
Figura 144. *Cluse* de Tejadilla, en las inmediaciones del puente de la carretera N-110 (Foto: A. Carrera). Las capas curvadas con forma de arco son estratos, que originalmente estuvieron horizontales. La deformación debida a la tectónica alpina las ha plegado ligeramente, formando una pequeña antiforma. La erosión del arroyo Tejadilla, cortando perpendicularmente el pliegue, ha originado una *cluse*, que permite observar la estructura de plegamiento anticlinal.

de esas posibilidades, un río puede erosionar perpendicularmente a una antiforma, produciendo una estructura similar a la que originaría un corte de cuña con un cuchillo sobre una serie de láminas combadas con forma de arco. Esta fisonomía se llama **cluse** (de origen francés, procedente de los Montes Jura, donde son características), y también *watergap* (del inglés, citadas en los Montes Apalaches, donde también son frecuentes). En la franja sedimentaria que estamos describiendo son raras, pero existe algún ejemplo con potencial didáctico. Nos referimos a la *cluse* de Tejadilla, cuyo topónimo (La Cítara), puede hacer alusión precisamente a esta forma, que recuerda al instrumento musical (figura 144).

La Muela de Torreiglesias

El topónimo 'muela' es uno de los mejores y más descriptivos de cuantos se utilizan para describir una determinada forma del terreno: pequeño montículo con forma de la citada pieza dental; es decir, con una pequeña concavidad en la parte culminante. Las 'muelas' son casi siempre pequeñas sinformas que quedan como relieves elevados respecto a los de su entorno (denominados entonces **sinclinales colgados**). La figura 145 explica cómo se puede llegar a esta complicada situación, ya que parecería más lógico que una sinforma (estratos plegados como un canal), formaran un valle.

lastras y cuestras arenosas



En la península Ibérica hay ejemplos muy espectaculares de sinclinales colgados que forman muelas (Pirineos, Sistema Ibérico), mientras que los ejemplos que aparecen en la provincia de Segovia son más bien 'modestos'. En todo caso, y al igual que sucedía con la 'cluse' de Tejadilla, son lo suficientemente claros como para mantener su valor didáctico. Así por ejemplo, en las inmediaciones de Torreiglesias aparece el increíble topónimo de 'La Lastra de la Muela' (imposible ser más preciso describiendo un elemento del paisaje), que refleja tanto el tipo de roca sobre el que está formado el pequeño cerro (calizas y dolomías, terreno de lastras) como su morfología y estructura en forma de pequeño sinclinal (muela). Otros buenos ejemplos de 'muelas' aparecen en el borde suroeste de la población de Carbonero el Mayor (La Muela) y en cerro del Tormejón (Armuña).

Para saber más: ITGE (1991b); Pedraza *et al.* (1996).

Figura 145. Un conjunto de estratos, inicialmente horizontales (A), se pliegan formando una serie de antiformas y sinformas (B). Si se erosionan dos antiformas contiguas, lo cual a veces es fácil, ya que al plegarse se 'agrietan' o rompen en la zona culminante de máxima curvatura, queda entre medias un pequeño sinclinal colgado (muela), como ocurrió en la Lastra de la Muela (C).

PEÑASRUBIAS Y COVATILLAS. LOS CAÑONES DEL VIEJO Y EL PIRÓN

Un cañón es un valle estrecho, de paredes más o menos verticales o escalonadas y fondo plano. En planta, los cañones pueden ser rectilíneos o bien describir curvas (meandros encajados), en cuyo caso se les denomina 'hoces'. Los cañones se desarrollan habitualmente en series de rocas sedimentarias, como calizas o areniscas.

Dada la escasa entidad (superficial y de espesor) que tienen los materiales cretácicos que forman el borde norte del piedemonte segoviano (lastras y cuetas arenosas), la erosión de los ríos principales sobre estos terrenos ha formado hoces y cañones de pequeño tamaño. Los primeros son normalmente tramos de los segundos, y reciben entonces el nombre de 'hocinos'. Por ejemplo, el arroyo de Matamujeres cerca de Madrona (arroyo del Hocino).

Entre esos pequeños cañones y hoces se encuentran los elaborados por los ríos y arroyos siguientes: Moros, entre Vegas de Matute y Guijasalvas; Herreros en Ortigosa del Monte; Milanillos, Matavacas, Frío y Matamujeres, cerca de Madrona; Tejadilla, Clamores y Eresma, en el entorno de la ciudad de Segovia; San Medel, entre Espirido y Bernuy; Polendos, entre La Higuera y Quintanar; Pirón y Viejo, en Torreiglesias; Horco, en Caballar; La Matilla, entre El Cubillo y El Guijar; Santa Águeda y Cega en Arahuetes y Pajares de Pedraza; Cega y las Vegas, entre el paraje de Las Vegas y La Velilla; Vadillo, en Pedraza; San Juan, en Prádena, y luego entre Castroserna de Arriba y Valdesaz; y Caslilla en Casla.

Por su diversidad de formas, los cañones de los ríos Pirón y Viejo constituyen una localización de elevado interés didáctico. Los ríos Pirón y Viejo confluyen en el término municipal de Torreiglesias. Lo hacen sobre un terreno de rocas 'calizas' (en realidad dolomías, calizas y margas), de manera que las formas del relieve de este entorno son producto de una combinación de la acción geomorfológica de los ríos (procesos fluviales) y de la disolución de las rocas carbonáticas (procesos cársticos o kársticos). El resultado es la formación de unos valles de paredes bastante verticales y fondo plano (figura 146), cuyo entorno más inmediato está salpicado por algunas formas cársticas típicas: manantiales caudalosos, cuevas y pequeñas dolinas.

La formación de cañones, cuevas, manantiales y torcas

Al igual que otros pequeños cañones del piedemonte, la localización inicial de los valles del Viejo y del Pirón en Torreiglesias está condicionada por fallas, que fracturan los conjuntos rocosos y constituyen las zonas por las que los ríos pueden

Figura 146 (en la otra página). Zona de confluencia de los ríos Pirón y Viejo. Estos cañones interrumpen unos terrenos ligeramente ondulados (lastras) que culminan los estratos del Cretácico superior de esta zona. Los terrenos cultivados del fondo corresponden a las campiñas. La población de la esquina superior derecha es Torreiglesias. (Foto: Justino Díez)

lastras y cuestras arenosas



Figura 147. A) Hace poco más de un millón de años, los cañones del Pirón y el Viejo no existían, y estos ríos discurrían por el fondo de vaguadas poco profundas. El nivel freático (zona del subsuelo por debajo de la cual todos los huecos de una roca están rellenos por agua, constituyendo un 'acuífero') se situaba a poca profundidad, aproximadamente a la misma altura de los ríos. El agua que se infiltraba en el terreno alcanzaba pronto el nivel freático, y a partir de ese momento pasaba a circular horizontalmente, moviéndose hacia los ríos. En este movimiento, el agua fue disolviendo discontinuidades de las rocas, ensanchándolas. B) A medida que los ríos profundizaban, el nivel freático fue descendiendo simultáneamente. La infiltración de agua desde la superficie de las lastras hasta el nivel freático, siguiendo un movimiento vertical, continuó el proceso de ensanchamiento de las grietas y cavidades que quedaron secas. Y al igual que en la fase anterior, el movimiento del agua hacia los ríos por debajo del nivel freático continuó el desarrollo de cavidades horizontales. En esta zona el agua subterránea rellenaba todas las discontinuidades, y las ensanchaba por igual en todos los sentidos. De esta manera, a partir de pequeñas grietas (de no más de unos milímetros o centímetros), se formaron cavidades de dimensiones métricas. C) La excavación de los cañones del Viejo y el Pirón continuó hasta alcanzar su posición actual, lo que hizo descender aún más el nivel freático de toda la zona. Cuando un proceso de este tipo ocurre de forma 'rápida' (siempre en términos geológicos), la formación de estalactitas y estalagmitas es menor, y la ausencia casi generalizada de estas formaciones en las cuevas de este entorno indica que ese descenso fue rápido aquí. Las cuevas que quedaron secas siguieron ensanchándose, hasta un punto en que el techo de algunas llegó a derrumbarse, formando pequeñas dolinas de colapso (denominadas aquí 'torcas'), como la existente en el valle del río Viejo. Estas cavidades 'secas', que una vez estuvieron totalmente inundadas, son las que quedan ahora a distintas alturas en las paredes de los cañones (cuevas de la Vaquera, la Mora, el Moro, Santiaguito, La Arena, Los Pedroches, Murcigallinos...). En la situación actual, el agua del subsuelo sigue moviéndose lateralmente hacia los ríos, y con dicho movimiento sigue formando cavidades horizontales. El agua sale al exterior en forma de manantiales, como el de Covatillas o el situado bajo la entrada de la Cueva de La Vaquera desde el Pirón.

erosionar de manera más fácil. Se trata de fallas del basamento, pero que afectan también a la cobertera sedimentaria en la que se desarrollan los cañones. En la sierra y el piedemonte, los ríos se adaptaron en buena medida a estas fracturas, y al llegar a las coberteras sedimentarias las atravesaron, excavando allí donde las fallas habían conseguido 'romperlas'.

Pero la acción de las aguas encauzadas estuvo reforzada aquí por la acción del agua subterránea en el interior de estos terrenos 'calizos' (erosión cárstica). Más efectiva en las proximidades de los cursos fluviales, porque las aguas que se infiltraban en las lastras iban finalmente a parar a los citados ríos, de manera que entorno a éstos se concentraba la mayor parte de la circulación de agua.

La erosión cárstica se produce cuando el agua de lluvia se combina con el CO₂ existente en la atmósfera, pero sobre todo con el CO₂ del suelo –más abundante aún–, formando ácido carbónico (H₂CO₃). El agua cargado de ácido carbónico se infiltró en estos terrenos a través de sus discontinuidades (fracturas y planos que separan los estratos), 'disolviendo' las rocas del subsuelo. Calizas y dolomías son poco solubles en presencia de agua pura, pero lo son en presencia de agua con ácido carbónico.

Con el paso del tiempo las discontinuidades se ensancharon, y formaron una red subterránea de pequeños conductos conectados entre sí por los que circulaba el agua. Eventualmente las discontinuidades se ensancharon más, de manera que a partir de grietas muy pequeñas se formaron cavidades. Estas cuevas no llegaron a alcanzar aquí un gran desarrollo, pero su abundancia es suficiente como para llegar a caracterizar el entorno, y darle nombre: *Covatillas* (pequeñas cuevas). alguna de estas cavidades llegó a colapsar, formando pequeñas dolinas (poco frecuentes también). Éstas, a su vez, se habrían ensanchado y solapado, condicionando la formación de pequeños valles (denominados entonces 'de disolución'). La evolución de valles de este tipo habría sido finalmente el origen de alguno de los hocinos y cañones principales (figura 147):

Elementos geomorfológicos singulares en un paisaje singular

Los procesos descritos en el apartado anterior han configurado algunos elementos geomorfológicos de gran interés científico y didáctico.

- **La Cueva de La Vaquera.** Constituye la cavidad de mayor desarrollo de todo el entorno, con casi un kilómetro de recorrido y tres galerías. Las dos galerías superiores están secas, mientras que la inferior está inundada. El agua de este nivel inferior forma una surgencia situada justo por debajo de la entrada a la Cueva desde el valle del Pirón. A medida que el nivel del agua descendió desde las galerías superiores a la inferior, éstas iban quedando parcialmente rellenas por agua, y en ellas se

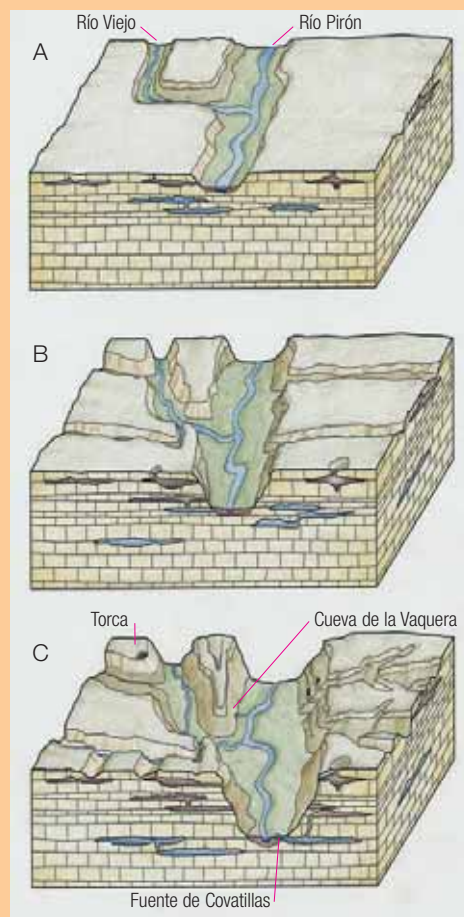
lastras y cuevas arenosas

sedimentaron las arenas, limos y arcillas que rellenan buena parte de esta Cueva. El descenso del nivel freático fue la causa de que las galerías superiores quedaran secas, lo que permitió su utilización por parte de animales y por los primeros pobladores de la comarca. La abundancia y diversidad de recursos naturales en el entorno de los cañones del Viejo y el Pirón debió condicionar el establecimiento en ellos de algunas de las primeras poblaciones humanas de la Meseta Norte. Este hecho queda patente en la excepcional riqueza arqueológica de la Cueva de la Vaquera, que constituye uno de los yacimientos neolíticos más importante de toda la Cuenca del Duero (Zamora, 1976; Estremera, 2003).

- **La fuente de Covatillas.** Se trata de un ejemplo magnífico de manantial cárstico, que parece haber sido utilizado por el hombre desde antiguo, ya que la actual surgencia está tallada en roca. El manantial constituye la salida al exterior de la mayor parte del agua subterránea existente en los terrenos que quedan entre los ríos Polendos y Pirón. Es por tanto la surgencia de un verdadero río subterráneo, que con un caudal superior a los 100 litros por segundo es la principal fuente de alimentación del río en verano en esta zona. Sus excelentes aguas tienen altos contenidos en bicarbonatos, calcio y magnesio, lo que constituye una prueba muy convincente de la acción erosiva por disolución de estas aguas al atravesar los terrenos de calizas y dolomías (carbonato de calcio, y carbonato de calcio y magnesio respectivamente). La Cueva de La Arena se sitúa en las proximidades de este manantial, sobre la surgencia, y constituye el sistema de cavidades que ha quedado colgado a medida que el nivel freático descendía, por profundización del valle.

- **La Torca del río Viejo.** En la culminación de la ladera derecha del río Viejo, en las proximidades de un pequeño valle seco que desciende desde el sur de Torreiglesias, puede observarse un buen ejemplo de 'dolina de colapso': una depresión cárstica formada por el derrumbe del techo de una cueva. Esta oquedad en el terreno recibe el nombre de 'torca' (La Torca), que es un término utilizado de manera generalizada en algunas regiones del interior peninsular para denominar a las dolinas (figura 148).

- **Abrigos naturales de Santiaguito.** La presencia de 'abrigo naturales' (solapos, viseras) es común en distintas localizaciones de las laderas del cañón del Pirón, sobre todo en sus tramos más verticales. Desde un punto de vista geomorfológico, este tipo de formas reciben el nombre de 'laderas en extraplomo' o balmas. Para explicar su formación hay que invocar varias posibilidades. Por una parte, el propio río Pirón, en su proceso de encajamiento, pudo excavar de forma concentrada algún tramo de las paredes del valle, normalmente a través de meandros cuya margen externa horadaba y disolvía directamente la roca. Pero la formación de estas laderas en extraplomo también pudo producirse por procesos de



meteorización concentrada por agua subterránea (por debajo del nivel del suelo) que disuelven y desagregan la roca. Finalmente, podrían ser tramos de pequeñas cavidades, 'cortadas' por el propio río, e incluso coincidir con antiguas surgencias, pero éste parece el proceso menos probable aquí. Sea como fuere, estos abrigos suelen coincidir con estratos más fácilmente erosionables (más margosos) que los que quedan como base y techo o voladizo de la cavidad (areniscas dolomíticas), más resistentes.

Del conjunto de abrigos naturales de esta zona destaca especialmente uno, cuya configuración permitió la construcción de la ermita rupestre de Santiaguito, uno de los lugares más emblemáticos de estos valles.

- **Canales abandonados del río Pirón.** Aunque el aspecto de la llanura aluvial del cañón del Pirón parece uniforme (una gran pradera), un recorrido y observación por la misma permitirá identificar buenos ejemplos de 'canales abandonados'. Éstos son reconocibles, además de por la propia forma de 'canal' excavado en la llanura, por la acumulación de gravas y arenas dentro de los mismos. Por estos canales, bien visibles en el tramo de llanura situado entre la ermita de Santiaguito y la entrada al río Viejo, discurría el río Pirón hace no demasiados años. Su abandono se habría producido con posterioridad a una gran inundación, después de la cual el canal se habría instalado en otra posición dentro de la llanura. Actualmente sólo circula agua por estos canales en periodos de crecidas, tras los cuales algunos tramos quedan como zonas encharcadas durante algún tiempo.

- **'Panales de abeja' excavados en roca.** A mitad de camino entre la fuente de Covatillas y la ermita de Santiaguito, siempre sobre la llanura aluvial, aparece un gran bloque rocoso (de areniscas dolomíticas), caído desde las paredes del cañón por un antiguo desprendimiento. La identificación del bloque al que nos referimos es fácil, ya que está muy próximo a un meandro del río, y sobre todo porque está lleno de pequeñas oquedades, a modo de 'panal de abeja'. Estas pequeñas oquedades constituyen un excelente ejemplo de 'erosión alveolar', la cual se produce por disolución y desagregación de la roca, por acción del agua, a favor de zonas de debilidad (planos de estratificación y diaclasas).

De Covatillas a Peñasrubias

Aguas abajo del caserío de Covatillas, y hasta las proximidades del Parral de Villovela, el río Pirón pasa a discurrir de nuevo sobre gneises. Tal y como lo hacía en el piedemonte. Esto se debe a la presencia de un pequeño bloque de 'basamento', a modo de macizo, en esta zona. El trazado de una de las fallas a partir de las cuales se eleva dicho bloque discurre prácticamente siguiendo la primera parte del camino de Covatillas a Cabañas y a Pinillos, y continúa por las inmedia-

lastras y cuestras arenosas

ciones del caserío de Covatillas hasta Torreiglesias. Esta falla puede intuirse debido al cambio de relieve y vegetación que se produce a partir de la misma. El tipo de sustrato (gneises) condiciona irremisiblemente el paisaje, de manera que de la llanura aluvial que rellenaba el fondo del cañón aguas arriba de Covatillas pasa ahora a un valle con forma de V, sin depósitos aluviales en su fondo, y en cuyas laderas aparece un denso encinar. El paisaje en este tramo recuerda a las gargantas del piedemonte, con llamativas formas acastilladas de gneises flanqueando el fondo del encajamiento, sobre todo en su margen derecha.

En la margen izquierda del tramo de río que venimos describiendo, si bien el fondo del valle tiene forma de V, la morfología de su parte superior recuerda a la de los cañones cercanos. Ello es así porque aparece aquí un retazo de rocas sedimentarias cretácicas (las que forman los terrenos de lastras y cañones), que de nuevo condicionan irremisiblemente las formas del terreno: cantiles o cortados rocosos prácticamente verticales en la parte superior, y taludes tendidos en la parte inferior, debidos tanto a la presencia de estratos de arenas y arcillas como a la caída de derrubios desde los cantiles. Estas rocas no aparecen sobre la parte superior de la ladera derecha porque se erosionaron.

Los escarpes rocosos aparecen también aquí salpicados de pequeñas cavidades, muy abundantes a ambos lados del camino que va desde Peñasrubias a Pinillos. Alguna de ellas tiene un cierto desarrollo, como la cueva de La Bota. Pero lo que verdaderamente llama la atención es la tonalidad rojiza de esos escarpes, de la cual deriva el nombre de la población más cercana (Peñasrubias o Peñarrubias). La interpretación que se hace de esta coloración es la siguiente: lo que denominamos 'calizas' y dolomías están compuestas mayoritariamente por los minerales calcita (carbonato cálcico) y dolomita (carbonato cálcico y magnésico) respectivamente. Pero no de manera exclusiva, ya que existen otros compuestos (o 'impurezas') dentro de esas masas rocosas (fundamentalmente arcillas y óxidos de hierro). Cuando calizas y dolomías se carstifican (disuelven), formando los citados sistemas de cavidades, los otros compuestos no lo hacen, y quedan como residuos. En este caso, y en realidad casi siempre que aparecen tonos rojizos en el terreno, son los óxidos de hierro que recubren las paredes rocosas los que otorgan esta tonalidad.

El enclave de la población de Peñasrubias de Pirón, sobre un promontorio situado a mitad de ladera entre la pequeña garganta del Pirón y unos escarpes calizos rojizos, puede considerarse uno de los más singulares y de mayor valor paisajístico de toda la provincia de Segovia.

Para saber más: Estremera (2003); ITGE (1991b); Martín Duque y Rincón (1988); Zamora (1976).



Figura 148. La pequeña depresión circular de la derecha de la imagen es la Torca del río Viejo, un buen ejemplo de pequeña dolina 'de colapso'. Las lastras circundantes se caracterizan por su extrema aridez, ya que incluso cuando están surcadas por pequeños 'vallejos', como el del centro de la imagen, éstos están secos. Es así porque las rocas que componen el macizo son muy permeables, y el nivel freático se encuentra aproximadamente a la misma altura del río, muy por debajo de la superficie de vallejitos y lastras. De esta manera, el agua que precipita sobre estos terrenos se infiltra hasta llegar a ese nivel. (Foto: Justino Díez)

serrezuelas

serrezuelas serrezuelas serrezuelas
serrezuelas serrezuelas serrezuelas
serrezuelas serrezuelas serrezuelas
serrezuelas serrezuelas serrezuelas
serrezuelas serrezuelas serrezuelas
serrezuelas serrezuelas serrezuelas
serrezuelas serrezuelas serrezuelas



Los macizos y serrezuelas segovianos constituyen bloques 'periféricos' de terrenos similares a los de los sistemas Central e Ibérico, situados a modo de enclaves dentro del dominio de la cuenca sedimentaria. De ellos, las serrezuelas constituyen pequeños relieves montañosos, a diferencia de los macizos, que aparecen culminados por planicies. Este es el caso de la 'Serrezuela', culminada por relieves próximos a los 1400 metros de altitud (Peñacuerno, 1377 m), y que aparece recogida en los distintos mapas topográficos como 'sierra' (Sierra de Pradales).

Esta unidad es la que mayor diversidad geológica presenta de toda la provincia, ya que incluye, del núcleo hacia los bordes: rocas metamórficas (gneises, cuarcitas, pizarras); areniscas del Triásico; calizas, margas y dolomías del Jurásico; y arenas, areniscas, calizas, dolomías y margas del Cretácico. Por este motivo, se trata de un lugar privilegiado para la interpretación geológica. Los ambientes sedimentarios fluviales del Triásico y la gran diversidad de fósiles del Jurásico y Cretácico son sólo un ejemplo. También en relación con la variedad de rocas, la de formas del terreno es elevada: crestas, colinas y valles en el núcleo metamórfico; lomas, barrancos y vaguadas en arenas y areniscas; y cuestras, 'lastras' y magníficos valles en calizas, margas y dolomías. Alguno de estos valles, en particular aquéllos que descienden desde las últimas cuestras occidentales de la Serrezuela hacia el Duratón, entre Burgomillodo y San Miguel de Bernuy (arroyos del Valle, en Valle de Tabladillo y Castroserracín; del Risco y de Fuente del Prado en Castrojimeno; de Valdehorno, del Hoyuelo y de la Hoz en Carrascal del Río), se encuentran entre los más bellos de la provincia, con formas muy singulares, como los 'frailes y las monjas' de Valle de Tabladillo.

RÍOS ANCHOS EN LA SERREZUELA

La Serrezuela o Sierra de Pradales está formada por el flanco meridional (lado sur) de una amplia antifforma (un pliegue con la apertura hacia abajo) constituida mayoritariamente por rocas sedimentarias triásicas, jurásicas y cretácicas. Lo que resta del pliegue ha sido erosionado, dejando al descubierto todas estas rocas y, en la zona central (núcleo), rocas metamórficas e ígneas del denominado Macizo de Honrubia.

La ladera de La Serrezuela orientada hacia el norte está mayoritariamente formada por rocas sedimentarias triásicas, sobre todo areniscas rojas, conglomerados, limolitas (limos consolidados) y lutitas (arcillas compactadas). Un estudio pormenorizado de su disposición geométrica, estructuras internas y contenido mineralógico y paleontológico ha permitido reconstruir el paisaje y ambiente en el que se depositaron (hace unos 235 millones de años) como arenas, cantos, gravas, limos y arcillas: amplias planicies por las que discurrían anchos ríos con canales entrelazados (*braided* en terminología anglosajona), que se dirigían hacia el este, donde desembocaban en la costa del incipiente mar Tethys. Los ríos procedían de los últimos restos de los relieves del orógeno hercínico, situados al suroeste (provincias de Salamanca y Zamora), donde se erosionaban las cuarcitas, pizarras y granitos paleozoicos.

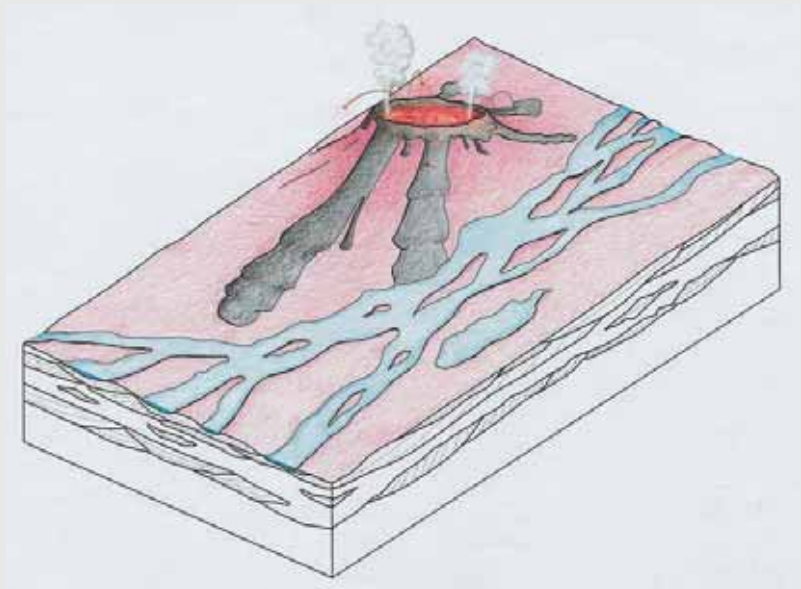


Figura 149. Reconstrucción idealizada de los ambientes aluviales (abanicos y ríos) en los que se depositaron las areniscas triásicas de la Serrezuela, sedimentadas en el lecho y las márgenes de cauces entrelazados con islas y barras, en cuyas proximidades se produjeron pequeñas emisiones volcánicas a favor de fallas. Restos de estas lavas, fluidas y oscuras, se encuentran intercaladas en las areniscas en las proximidades de Aldeanueva, constituyendo las únicas rocas volcánicas de la Provincia.

serrezuelas

En el lecho de los canales de los ríos, donde la energía era mayor, el agua podía arrastrar las partículas de mayor tamaño, como cantos, gravas y arenas, que formaban pequeñas dunas subacuáticas, barras e islas entre los hilos de corriente; las márgenes, sólo inundadas durante las crecidas, acumulaban las arcillas y los limos depositados en charcas y zonas pantanosas. El clima árido subtropical aceleró los fenómenos de movilización de óxidos de hierro dentro del suelo, dando la característica coloración amarillento-rojiza a estas rocas, y el retrabajamiento de los cantos por los persistentes vientos.

Los materiales triásicos a los que nos referimos presentan escasos restos fósiles, prácticamente limitados a las huellas de las raíces de plantas (rizotúbulos) que vivían en las márgenes de los canales, normalmente cementadas en carbonatos de tonos claros. De forma extraordinaria puede encontrarse alguna huella de tránsito (icnita) de reptiles, o restos vegetales silicificados.

Estas areniscas y conglomerados están escasamente cementados de forma natural, condicionando que sean fáciles de labrar y ligeros para ser transportados, lo que ha hecho que se hayan utilizado en la arquitectura tradicional para la fabricación de sillares y dinteles en las localidades próximas, como Pradales, Aldeanueva de la Serrezuela y Honrubia de la Cuesta. Las areniscas reciben distintos nombres populares, como piedras molineras (por otro de sus usos comunes), rodenos o piedras rodenas (por su coloración rojiza).

El ascenso del nivel del mar ocurrido a finales del Triásico, desplazó los ambientes costeros a esta zona, depositando sobre las gravas y arenas fluviales, arcillas y limos de llanuras de marea (denominadas *sebkhas* en zonas áridas y semiáridas), con periodos de encharcamiento que alternaban con otros de fuerte evaporación (dando lugar a planicies cuarteadas por las grietas de desecación).

Intercaladas entre las arenas y arcillas se encuentran afloramientos puntuales de las únicas rocas volcánicas (ofitas) que pueden verse en Segovia. Estas rocas tienen su origen en pequeñas erupciones de escasa emisión de lava, que ocurrieron en esas llanuras a favor de profundas fallas desde el Triásico hasta el Jurásico.

Rocas triásicas similares a éstas de La Serrezuela afloran también en el sector suoriental de la provincia, entre las localidades de Grado del Pico y Santibáñez de Ayllón, sirviendo de base al Pico del Grado.

Para saber más: Asensio Amor y Sánchez Cela (1968); Hernando (1976a); Hernando (1976b); Hernando (1977a); Hernando (1977b); Hernando y Hernando (1976); Hernando *et al.* (1977).



Figura 150. En las inmediaciones de Honrubia de la Cuesta, las areniscas triásicas forman cuevas con los característicos tonos pardo-rojizos del rodeno (Foto: A. Díez)

ARRECIFES EN CASTROJIMENO

En los suaves relieves que enlazan el Macizo de Sepúlveda con La Serrezuela, se encuentran una serie de pequeños valles y cañones que dejan, en los interfluvios de sus confluencias, cerros estrechos a modo de mesas o cuestras: son los castros.

Estos cerros, de paredes escarpadas y morfologías elongadas a modo de penínsulas, sólo conectados con las lastras circundantes por estrechos istmos, han servido de asentamiento al poblamiento humano desde la prehistoria por su estratégica posición defensiva. De ahí su toponimia, que deriva de la ubicación de antiguos poblamientos prerromanos (del latín *castrum*, castillo o campamento fortificado), y que ha dado nombre a diversas localidades segovianas desde la repoblación medieval: Castroserracín, Castro (de Fuentidueña), Castrojimeno, Castrillo (de Sepúlveda)...

Tanto en los afloramientos rocosos de la parte culminante de los castros, como en los cortados y laderas de los valles que les circundan, pueden reconocerse diferentes tipos de sucesiones de rocas, sus estructuras sedimentarias y su contenido en fósiles. Especialmente espectaculares son los afloramientos rocosos del entorno de Castrojimeno: las rocas nos muestran una inusual cantidad y diversidad en su contenido fosilífero de invertebrados marinos (moluscos, corales, equinodermos...), que nos llevan a pensar que en su entorno se situó, hace unos 85 millones de años, un gran arrecife marino.

Efectivamente, durante buena parte del Cretácico superior (hace entre unos 87 y 67 millones de años), el sector oriental de la provincia de Segovia se encontraba sumergido bajo un mar somero y cálido (subtropical), que aumentaba en profundidad desde el suroeste (donde se situaba la costa) hacia el noreste (donde llegó a cubrir varias docenas de metros). En una posición intermedia, donde la profundidad no era muy grande y existía un pequeño escalón en el lecho marino, se situó una zona donde proliferaban colonias de diferentes organismos marinos: algas (cianofíceas, verdes, rojas...), moluscos (bivalvos, gasterópodos, cefalópodos...), braquiópodos, equinodermos (erizos de mar), corales, foraminíferos, briozoos, ostrácodos, serpúlidos, etc.

Estas colonias, a modo de 'parches' (*patches*, en terminología anglosajona) de varias decenas de metros de diámetro, salpicaban el fondo, llegando puntualmente a emerger (formando pequeñas barreras alargadas), y eran batidas por el oleaje, las corrientes y, sobre todo, por las tormentas marinas, que procedían del noreste. Tras el arrecife, en la zona que ocupa actualmente Sepúlveda, y hasta el litoral de Villacastín, el mar estaba en calma, protegido del oleaje y las tormentas; es lo que se denomina el *lagoon*, o laguna marina entre el arrecife y la costa.

La diversidad de animales marinos en los parches arrecifales de



Figura 151. Restos fósiles de rudistas (radiolíticos) cretácicos marinos, con su característica valva cónica curva, donde se reconocen las fases de crecimiento. (Foto: A. Carrera)



Figura 152. Reconstrucción de una colonia de rudistas del género *Radiolites* en el fondo del mar, donde se aprecia la diferencia entre ambas valvas (hipertrofiada y opercular), y las características líneas de crecimiento anual.

serrezuelas

Castrojimeno era muy alta, aunque predominaban de forma significativa los moluscos bivalvos, y en particular dos grupos: los rudistas (géneros *Radiolites*, *Hippurites*, *Biradiolites* y *Vaccinities*), bivalvos con una valva cónica-cilíndrica de gran tamaño y otra que sirve de opérculo (a modo de tapadera); y los ostreidos (género *Pycnodonte*), muy semejantes a las ostras actuales, con sus características cubiertas interiores de nácar, y tubos de serpúlidos en el exterior de las valvas. Actualmente se pueden reconocer grandes colonias de sus restos fósiles, simplemente transitando con atención por las calles de Castrojimeno o recorriendo los valles (arroyo de la Fuente del Prado) y lastras (paraje de El Enebralejo) que circundan el castro.

Estas colonias arrecifales (parches) no son exclusivas de Castrojimeno. También se han encontrado, aunque de menores dimensiones y permanencia temporal en Segovia (valles de los arroyos de Tejadilla, Matamujeres, Clamores y Eresma), Valseca, Valle de Tabladillo, Sepúlveda... Son lugares de una notable singularidad por sus valores naturales, que merecerían una protección específica, como la declaración de espacios protegidos bajo la figura jurídica de monumentos naturales.

Para saber más: Alonso (1981); Alonso y Floquet (1982); Alonso y Mas (1982); Alonso *et al.* (1982); Alonso *et al.* (1993).



Figura 153. Fotografía de campo de un parche (*patch*) o colonia de rudistas fósiles del género *Radiolites* en Castrojimeno (Foto: A. Díez). Pueden apreciarse las secciones circulares de las valvas cónicas hipertrofiadas, que se encontraban fijadas al sustrato.

EL FRAILE Y LAS MONJAS DEL VALLE DE TABLADILLO

En las laderas del Valle de Tabladillo y los cañones afluentes (arroyo del Valle o del Fraile) existen relieves, a modo de torreones o monolitos de varios metros de altura, que reciben el nombre popular de 'El Fraile' y 'Las Monjas', debido a su característica forma cilíndrica a cónica de cima redondeada,



Figura 154. Los relieves de El Fraile (en primer término a la izquierda) y Las Monjas (al fondo a la derecha), en el Valle de Tabladillo. Corresponden a formas turrículas asociadas a la mayor resistencia a la erosión de las brechas calcáreas de las que están constituidas. (Foto: A. Díez)

serrezuelas

como personas vestidas con hábito. Existe un dicho popular que indica que dichos frailes y monjas '*cagan dulce*' o '*cagan miel*', puesto que en la parte trasera de algunos torreones, protegidas de las inclemencias atmosféricas, solían situarse colmenas para recoger miel.

El origen de estos relieves se relaciona con un tipo peculiar de rocas, que al ser más resistentes a la erosión, han quedado como restos no erosionados en las laderas. En concreto, el fraile y las monjas del Valle de Tabladillo están constituidos mayoritariamente por brechas calcáreas, una roca formada de fragmentos de otras rocas cementados entre sí; algo parecido al hormigón artificial o al turrón duro de almendra, pero con los trozos angulosos. El cemento calcáreo, con algunos óxidos de hierro que lo tiñen de colores rosáceos, traba los trozos y hace al conjunto muy resistente a la erosión.

Esta brecha se formó a partir de bancos de rocas de yesos y dolomías, cuando el yeso (sulfato de calcio hidratado) fue disuelto por las aguas de lluvia que se infiltraban, produciendo el hundimiento (colapso) de los estratos de dolomías suprayacentes, cuyos fragmentos rellenaron el hueco dejado por la disolución del yeso. Tanto los yesos como las dolomías se formaron hace unos 70 millones de años en una zona llana costera, donde había charcas litorales (pequeñas albuferas salinas), de las que el agua marina era evaporada bajo un clima cálido y seco. Las perfectas condiciones de afloramiento de estas rocas en el Valle ha hecho que los científicos la empleen como localidad de referencia de la denominada "Formación Dolomías y margas de Valle de Tabladillo" (C₇).

En las zonas donde los bancos de yeso no han sido disueltos, su compactación natural ha formado hasta tres capas lenticulares de alabastro, que han sido objeto de explotación desde antiguo (ya citada en el Catastro del Marqués de la Ensenada y por Casiano de Prado a mediados del siglo XIX), tanto en la obtención de yeso anhidro para construcción, como en menor medida para su labrado escultórico. Buen ejemplo de ello son las minas abiertas por la familias Poza-Lobo, explotadas en amplias galerías subterráneas mediante el sistema de cámaras y pilares. El espectacular entramado de pasadizos, hoy en día abandonado, da una idea del descomunal trabajo llevado a cabo por varias generaciones de yeseros (Aurelio Peña Lobo, Felipe Lobo, Anastasio Lobo, José Poza, Santiago Lobo...); y en especial por D. Eleuterio Poza, que tuvo activos su mina y hornos-cubas de calcinación en bocamina y en el fondo del Valle hasta la década de 1980.

Para saber más: Alonso (1981); Calvo *et al.* (1992); Cortázar (1891); San Miguel de la Cámara (1955).

macizos



Si las serrezuelas son pequeños relieves montañosos en el dominio de la cuenca sedimentaria del Duero, los macizos se caracterizan por su culminación en forma de planicies, lo que denuncia que fueron superficies de erosión. Por su naturaleza geológica relacionada con los sistemas Central e Ibérico, y su topografía eminentemente llana, dan lugar a terrenos y paisajes muy próximos a los del piedemonte.

Los sectores de los macizos desarrollados sobre rocas graníticas presentan un aspecto convergente con el suroeste provincial, aunque con menos abundancia de bolos y bloques en superficie. Pero algunas localizaciones de estos macizos pueden ofrecer formas conspicuas. Así sucede en el entorno de Balisa, en las proximidades de su ermita del Otero, donde aparecen bolos y bloques graníticos con característicos modelados de *tañoni*. Pero también en ambos márgenes del arroyo Balisa se reconocen algunos de los elementos típicos de los relieves graníticos, como lancharos y 'torres de bloques' (*tor*), denominados peñas o peñascos (por ejemplo Peña Maraval).

Los sectores de los macizos que están desarrollados sobre pizarras (pizarrales) y gneises también gozan de características similares a las de sus piedemontes equivalentes, si bien la naturaleza distinta de las pizarras del macizo de Santa María introduce muchas especificidades, incluyendo su explotación minera. Finalmente, las llanuras y plataformas de los macizos desarrolladas sobre rocas carbonáticas (lastras en macizos), como el macizo de Sepúlveda, o los bordes de los otros macizos, presentan unas características muy similares a las ya descritas para las lastras del piedemonte: amplias llanuras onduladas y escalonadas, con suelos muy delgados, mayoritariamente cubiertas por pastizales. Únicamente la presencia de 'valles secos' (vallejos) sobre estas llanuras, cuyos fondos están rellenos por sedimentos, proporcionan suelo y retención de humedad suficiente para el cultivo de cereales. Y al igual que sucedía en el piedemonte de lastras y cuevas arenosas, también las lastras de los macizos llevan asociadas unas bandas de arenas silíceas y arcillas (arenales y tobares). No podía ser de otra manera, pues de hecho tienen el mismo origen sedimentario (fluvial), y han sufrido la misma evolución geológica.

En definitiva, los macizos segovianos condicionan la aparición de unos terrenos (rocas, formas del relieve, suelos, vegetación) distintos a los de su entorno. Constituyen 'enclaves' o 'islas' de paisajes similares a piedemontes y lastras, pero en dominios de terrenos de origen sedimentario cubiertos mayoritariamente por campos de cereales y pinares resineros.

LAS CABEZAS DE MONTERRUBIO

El pequeño bloque granítico de Monterrubio, también denominado de Lastras de la Lama, constituye un magnífico ejemplo para ilustrar las características de los macizos segovianos, recién descritas en la introducción a este capítulo. Se trata de un pequeño bloque del basamento, que aparece elevado sobre el dominio de las campiñas a través de fallas inversas. La falla de su borde meridional (hacia el pueblo) es mucho más pronunciada, y forma una ladera bastante escarpada. Esta falla es visible en los regueros que descienden desde Las Cabezas hasta el arroyo Chico. En concreto, en la ladera situada entre el paraje La Fuente Nueva y la carretera de Monterrubio a Marugán.

Las rocas que componen el sustrato de este bloque son similares a las del cercano piedemonte del suroeste (granitoides), y por tanto las formas del terreno son también parecidas: bolos y bloques dispersos sobre un recubrimiento de material arenoso. La diferencia esencial estriba en que la presencia de bolos y bloques es mucho menos frecuente aquí, si bien cuando aparecen muestran formas inequívocas de los paisajes graníticos. Es el caso de 'El Huevo' (denominación que se repite, al menos, en Ortigosa y Valsain), magnífico ejemplo de bolo granítico situado sobre la ladera del macizo que vierte al arroyo Chico. También al igual que

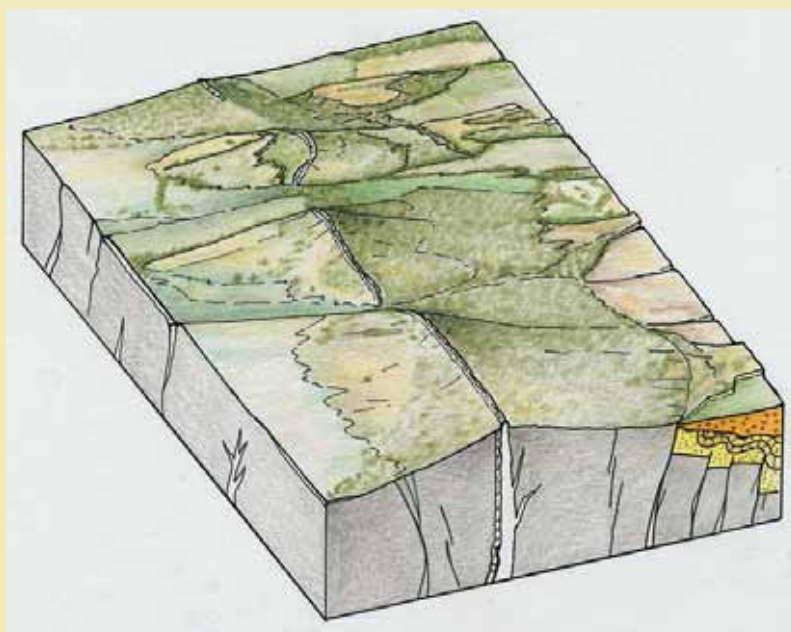


Figura 155. La estructura interna del macizo de Monterrubio explica el origen de Las Cabezas. El filón de cuarzo (en color blanco) atraviesa, vertical y longitudinalmente, una masa de rocas graníticas. Al ser más resistente que éstas a los procesos erosivos, ha permanecido como un resalte topográfico, a modo de verdadera 'espina dorsal'.

macizos

en el piedemonte, los afloramientos rocosos más prominentes y abundantes aparecen en las laderas de los arroyos que cortan el macizo, sobre todo en su borde sureste (Palancar, Valdejimena).

Desde un punto de vista topográfico el macizo tiene una culminación bastante plana, sobre la cual se forman incluso pequeñas lagunas temporales. Entre ellas destaca la singular 'Charcayuela', referida como Charca Hoyuela en los mapas topográficos.

La elevación del macizo respecto de los terrenos circundantes, a modo de pequeña plataforma elevada o 'meseta', es más evidente hacia el Sur y el Suroeste, ya que en este borde el arroyo Chico, o Piezga, ha excavado su valle. Esto convierte a este borde del macizo en un magnífico balcón o mirador natural, desde el cual se pueden obtener panorámicas que incluyen las campiñas de Monterrubio, Ituero y Zarzuela, un amplio sector del piedemonte, Los Calocos, y las Sierras de Ojos Albos, Malagón, Quintanar, La Mujer Muerta y Peñalara.

La naturaleza granítica del sustrato del macizo no es favorable al cultivo, y aunque históricamente se ha roturado (todavía son reconocibles surcos en algunos sectores), el aprovechamiento mayoritario de este terreno ha sido y es el de sus pastos y sus leñas. La configuración actual de este paisaje es pues una mezcla de pastizales y encinares muy abiertos, en un entorno dominado por campos de cultivo (al Sur



Figura 156. Vista aérea oblicua. En superficie, el trazado del filón coincide con la culminación de los cerros alargados. La fotografía ilustra muy bien, además, las repercusiones que tiene la distinta naturaleza geológica en el paisaje. Ocupando la mayor parte del cuadrante inferior izquierdo de la imagen se sitúa el macizo de sustrato granítico, cubierto por encinares y pastizales. Los campos de cultivo que configuran el resto de la escena se sitúan sobre rocas sedimentarias. Atravesando este dominio de campiñas, en el tercio superior de la imagen, es posible identificar las vegas de los ríos Moros y Piezga. (Foto: Justino Diez)

y al Este) y pinares (al Norte y al Oeste). Al estar parcialmente cubierto por encinas se refiere localmente como 'monte', utilizado como 'terreno arbolado' y no en un sentido topográfico. Aunque lo primero va normalmente asociado a lo segundo, ya que los terrenos arbolados, que habrían cubierto por igual toda esta comarca, se han conservado sólo en las zonas más abruptas, como en las laderas del macizo.

El macizo de Monterrubio está bordeado casi en su totalidad, excepto por el Sur y por el Suroeste, por una 'orla' de rocas sedimentarias del Cretácico superior, las mismas que en el cercano borde del piedemonte, en Ituerto y Lama, o en la franja que va desde Vegas de Matute hasta Torreiglesias. En contacto con el granito aparecen arenas silíceas y arcillas. Las primeras fueron explotadas en algunas pequeñas canteras; las segundas se aprovecharon históricamente para la fabricación de tejas en un tejedor del que hoy sólo pueden verse sus ruinas: el Tovar, originalmente Tobar, derivado de 'toba'. Hacia fuera del macizo, sobre las arenas y arcillas, aparecen calizas y dolomías. Y de nuevo con precisión matemática, allí donde aparecen dan lugar a las denominadas 'lastras' (terreno pedregoso de roca caliza y dolomía). Así las cosas, en el extremo nororiental del macizo de Monterrubio aparece la población de Lastras del Pozo, y en el extremo suroccidental está el Caserío de Lastras de Lama, o de la Lama. Históricamente se referían ambas como Lastras de Arriba (las de La Lama) y Lastras de Abajo (las del Pozo), denominación que aún es utilizada por la población local.

Pero, sin duda, el rasgo más destacado de todo este entorno es la presencia de una alineación de cuatro cerros alargados, separados entre ellos por arroyos y vaguadas, que se conocen localmente como Las Cabezas. La singularidad de estos relieves ha hecho que siempre hayan sido símbolos del municipio.

Estos montículos alargados deben su origen a la existencia de un importante filón de cuarzo de forma tabular, de dos a tres metros de grosor. Éste atraviesa longitudinal y verticalmente el macizo, de forma paralela y a escasa distancia de la falla que constituye el borde meridional (figura 155). El cuarzo es mucho más resistente a la meteorización y a la erosión que el granito, de manera que ante la actuación de unos mismos procesos geológicos (meteorización química o alteración, erosión hídrica), el filón de cuarzo resistió mucho más, y formó este resalte topográfico. Como la geometría del filón es la de un cuerpo rocoso delgado y alargado, en posición vertical, los cerros tienen forma alargada, a modo de 'caballones' o 'espinas dorsales', solo interrumpidas por arroyos. En geomorfología estas formas se denominan **relieves residuales lineales**, de las cuales existen otros buenos ejemplos en la provincia: relieve Rinconada, cerca de Los Ángeles de San Rafael, o en La Cuesta.

Para saber más: Fernández (1987); ITGE (1991d); Siguero (1997).

Figura 157. Vista aérea del cerro de El Tormejón, en Armuña, donde se aprecia su constitución a partir de bancos de rocas sedimentarias (calizas, dolomías y areniscas), ligeramente plegadas. (Foto: A. Díez)

macizos

CERROS MÁGICOS: SAN ISIDRO, EL CASTILLO Y EL TORMEJÓN

En el sector centro-occidental de la Provincia, la monotonía de la planicie del llano en las campiñas y los arenales tan sólo es interrumpida por la suave elevación que supone el denominado Macizo de Santa María. Aún en este Macizo, predominan las amplias planicies (superficies de arrasamiento), consecuencia de superposición de ciclos de erosión que afectaron a las pizarras, cuarcitas y granitos a lo largo de su dilatada historia geológica.

Por este motivo, en una zona con un neto predominio de los relieves escasamente contrastados, cualquier elevación supone un hito de referencia visual en el paisaje. Es el caso de los cerros cónicos (Cuesta Grande, San Isidro, El Castillo...) y peñas (Peña Mora, Peña Pinilla...) que salpican tanto el Macizo como sus márgenes (El Tormejón, Alto del Águila, Cementerio de Armuña). No es de extrañar que



estas elevaciones contengan numerosos y variados restos de poblamiento y manifestaciones artísticas, que abarcan desde el Paleolítico hasta nuestros días. Además, desde sus cumbres se divisan los otros cerros, por lo que forman una red de atalayas a la que se ha atribuido connotaciones mágicas y mitológicas, especialmente a tres de los cerros: San Isidro-Cuesta Grande, El Castillo y El Tormejón.

Los cerros del Macizo tienen un sustrato geológico semejante (pizarras y cuarcitas) y un origen vinculado a relieves residuales de tipo monte-isla. Los montes-isla (*inselbergs*, del alemán) son cerros de morfologías cónicas o tronco-cónicas cuyas laderas se elevan de forma neta con la planicie circundante. Normalmente corresponden a relieves residuales, esto es, conjuntos rocosos que quedan sin ser erosionados por estar formados de rocas más resistentes, o situados lejos de las principales redes fluviales. Su morfología recuerda a los montes que salpican las sabanas africanas, por lo que se les ha asignado un origen tropical, bajo un clima árido de estaciones seca-lluviosa alternantes.

El cerro de San Isidro está formado por pizarras y cuarcitas proterozoico-cámbricas (Capas de Santa María), con la estratificación de las capas rocosas hacia el noroeste (35°) y la pizarrosidad hacia el noreste (10°); aprovechando esta pizarrosidad casi horizontal se excavaron las tumbas de la necrópolis de la ermita de San Isidro. Sin embargo, el próximo cerro de la Cuesta Grande tiene esos materiales en la base y ladera nororiental, pero su parte culminante está formada por cuarcitas y pizarras alternantes de edad ordovícica (Capas de Domingo García). Las superficies de diaclasado de las pizarras (dirección preferente NE-SO) han servido para desprender bloques, facilitando la presencia de paredes lisas orientadas al sur, donde se realizaron los grabados; el pseudobarniz del desierto que cubre los petroglifos paleolíticos (y no los históricos) se relaciona con el pulido por la actividad eólica de la Tierra de Pinares durante el Dryas reciente (entre hace 12.500 y 11.000 años).

El cerro del Castillo está constituido, como el de San Isidro, por pizarras y cuarcitas proterozoico-cámbricas, si bien predominan las pizarras grises y negras, que forman un pliegue sinforme (con forma de U). El relieve de este cerro testigo, y su dimensión estratégico-defensiva se ven acrecentados por el encajamiento de la garganta del río Eresma en su sector oriental y septentrional, lo que hace que se eligiera para erigir el recinto fortificado visigodo.

Las peñas suelen ser relieves de menor tamaño y más abruptos y lineales que los cerros, relacionados con afloramientos de rocas más resistentes a la erosión. Normalmente se asocian al trazado de filones de cuarzo lechoso o de brechas de cuarzo arcillosas teñidas por óxidos de hierro, y diques de granitos aplíticos o porfídicos (Peña de Pinilla, entre Pinilla-Ambroz y Pascuales; Peñas Rubias y La Peñaza en Balisa; Peñas del Collado, entre Pascuales y Ochando).

Por el contrario, el cerro de El Tormejón está constituido por rocas sedimentarias

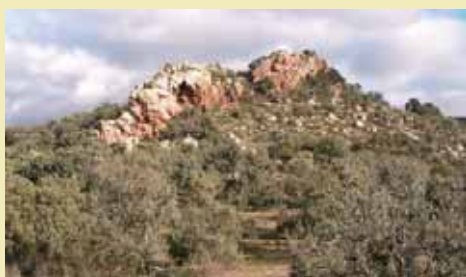


Figura 158. Los majestuosos crestones de las Peñas Rubias en Balisa. Corresponde con una típica peña del Macizo de Santa María, en la que las brechas silíceas de un filón verticalizado, con sus característicos tonos rojizos, actúan como rocas más resistentes a la erosión frente a los materiales circundantes. (Foto: A. Díez)



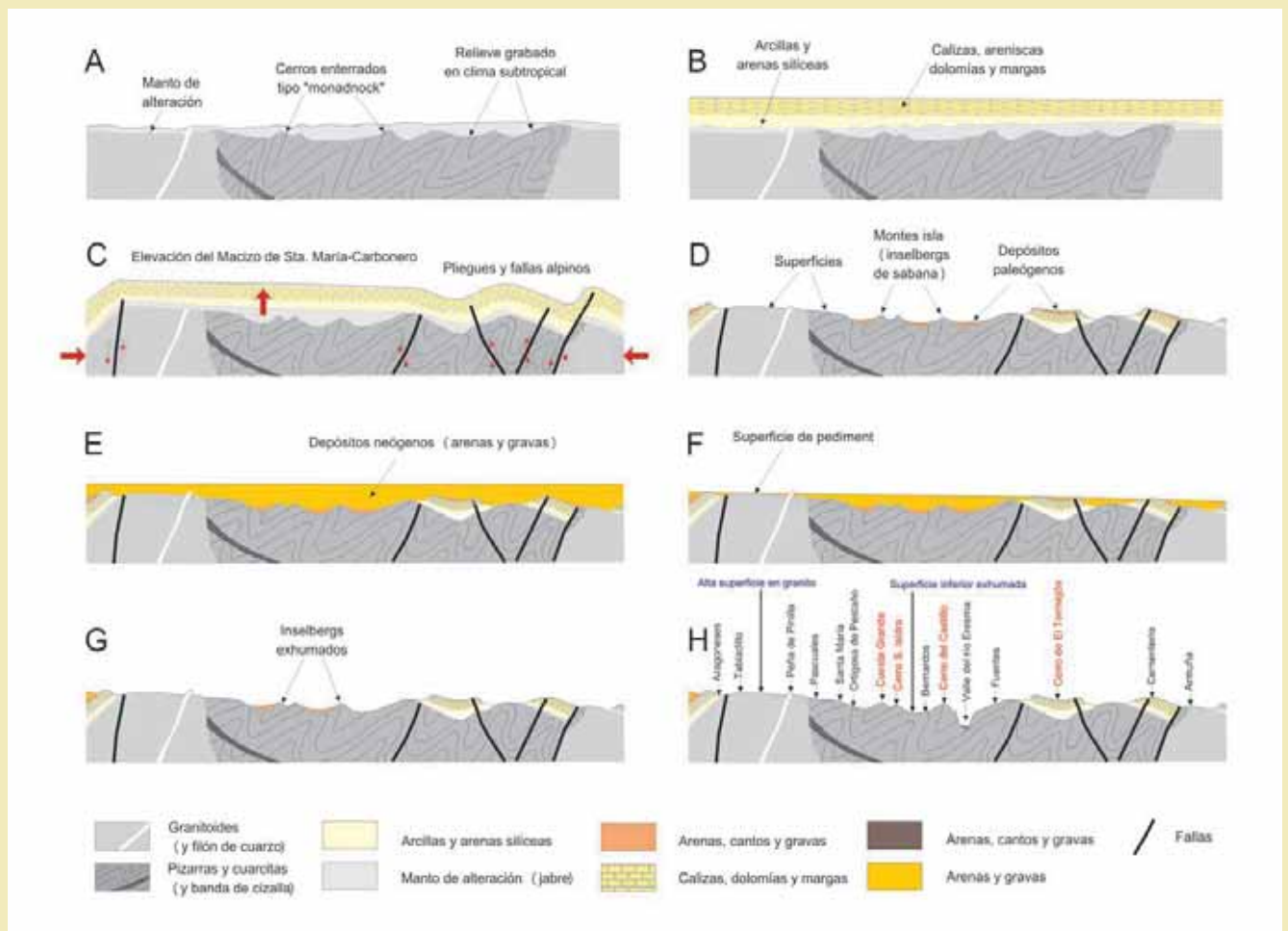
Figura 159. El relieve de la Peña de Pinilla, elevándose sobre las superficies del macizo de Santa María. El filón de cuarzo verticalizado forma una lineación de cerros que puede seguirse a lo largo de varios centenares de metros. (Foto: A. Díez)

macizos

cretácicas, fundamentalmente arenas, arcillas, areniscas, calizas, margas y dolomías. Su forma de silla de montar se debe a que el conjunto sedimentario se encuentra plegado con estructura sinforme (pliegue en forma de U) muy abierta; este relieve estructural se denomina sinclinal colgado. La naturaleza carbonática de los materiales culminantes ha posibilitado su carstificación, existiendo toda una red de conductos subterráneos, entre los que destaca la cueva del Tormejón.

Para saber más: Domingo Sieteiglesias (1983); Fernández (1987); ITGE (1990); Jordá Pardo (1999); Martín Escorza (1999).

Figura 160. Los denominados 'cerros mágicos' son el producto de una larga historia, cuyos principales eventos están esquematizados en los siguientes cortes geológicos, correspondientes a distintos periodos: A, Pérmico-Jurásico; B, Cretácico superior; C, Paleoceno-Eoceno inferior; D, Eoceno medio-Oligoceno; E, Mioceno; F, Plioceno; G, Plio-Pleistoceno; H, Holoceno (actualidad).



ROCAS DOBLADAS EN SEPÚLVEDA: LOS PICOZOS

Figura 161. Vista aérea de Sepúlveda, con el famoso pliegue 'en rodilla', en el que los bancos de roca dibujan un amplio arco en la ladera de La Picota al valle del Castilla (parte superior derecha de la foto), que recuerda al aspecto de una pierna con la rodilla flexionada (de ahí el apelativo del pliegue). La zona donde los bancos de roca se encuentran verticalizados (centro de la imagen), forman crestones, denominados localmente picozos. (Foto: A. Carrera)

Los crestones o crestas (*hog-backs* en terminología anglosajona) son formas rocosas verticalizadas elaboradas por erosión de relieves estructurales de plegamiento, allí donde las capas de roca adoptan inclinaciones superiores a 60° respecto a la horizontal. En la comarca de Sepúlveda estos crestones reciben el nombre local de 'picozos', en alusión a su perfil aserrado con varios picos, habiendo sido ya esquematizados por Cortázar en 1891. Muchos de los picozos han recibido nombres propios por su forma o situación, como el de la Fuente del Lorito.

Se localizan en el pliegue de Sepúlveda a lo largo de casi nueve kilómetros, y en varias alineaciones como consecuencia de la erosión diferencial de las distintas litologías de los tramos bajos de la sucesión cretácica. Los mayores resaltes quedan marcados en el tramo que va desde el barrio de Santa Cruz (Sepúlveda) al paraje de



macizos

'La Tejera', coincidiendo con las zonas de flanco verticalizado, incluso invertido, del pliegue. Las líneas de crestas localmente están trastocadas por fracturas que las desalinean o las cambian el buzamiento, como ocurre en la Fábrica de la Luz.

De las tres grandes estructuras de plegamiento que se distinguen en el macizo de Sepúlveda, el denominado Pliegue de Sepúlveda es el más conocido desde que apareciera como ejemplo e ilustración de tipologías de pliegues en diferentes libros de texto, como el popular manual *Geología* de Meléndez y Fúster (en la página 420 de diferentes ediciones entre 1966 y 2000) o el clásico *Geología* de José Macpherson (1901; página 105).

Se trata de un pliegue de tipo monoclinal, también denominado 'en rodilla' por la similitud de la disposición de las capas a la forma que adopta la pierna de una persona sentada. La formación del pliegue se asocia a la propagación del movimiento de una falla inversa (cabalgamiento) que en profundidad afecta al basamento (rocas metamórficas), siguiendo la dirección de una antigua falla tardihercínica (ENE-OSO a E-O). El salto vertical producido por la falla fue de unos 250 m, mientras que el acortamiento en la horizontal supuso unos 200-230 m (Gómez *et al.*, 2003). Presenta una dirección de máxima compresión N 140-155 grados, y posiblemente su edad sea Mioceno inferior-superior (Intraaragonense), esto es, de hace unos 15 millones de años.

Las mejores vistas del pliegue se obtienen desde el mirador Ignacio Zuloaga, donde las capas sedimentarias dibujan una rodilla perfecta (vista aparente oblicua al eje del pliegue) sobre la ladera del valle del Caslilla, a la derecha de la villa de Sepúlveda; el mirador del Caslilla anexo a la plaza Mayor de Sepúlveda, mirando hacia Villar de Sobrepeña; y desde el paraje de La Tejera, aprovechando uno de los anchos arcones de la carretera, mirando hacia Sepúlveda, recientemente habilitado como mirador con paneles.

Existen otros muchos pliegues alpinos de grandes dimensiones en nuestra Provincia, entre los que destacan, por su espectacularidad o repercusión en la configuración paisajística (formando crestas y cuestras), los que se sitúan en las siguientes localidades y lugares: Vegas de Matute, Valdeprados, Peñas Grajeras y La Cítara (Segovia), Urueñas, Burgomillodo (Carrascal del Río), Ventosilla, etc. En Valle de Tabladillo (valle del arroyo de Escobatillas) existe un paraje denominado La Peciuga (de *peciugar* = pellizcar, usado en Álava, Burgos y La Rioja), que hace referencia a la estructura plegada y verticalizada de las rocas en ese lugar (Calvo *et al.*, 1992), a modo de la piel pellizcada.

Para saber más: Cadavid *et al.* (1971); Calonge y Díez (2002); Calvo *et al.* (1992); Capote *et al.* (1990); Cortázar (1891); De Vicente y González-Casado (eds.) (1991); Díez (1985); Díez (1986); Díez (1994); Díez *et al.* (1996); Eraso *et al.* (1980); Gómez (2001); Gómez *et al.* (2003); Macpherson (1901); Meléndez y Fúster (1966-2000); Portero (1970)

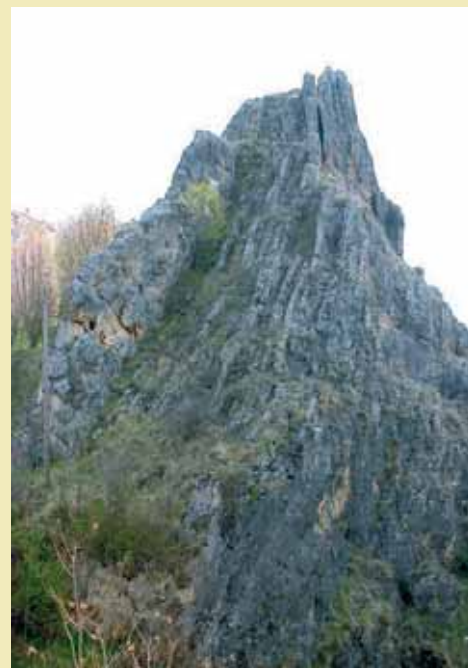


Figura 162. Picozos. Crestones por erosión del flanco vertical del pliegue en rodilla de Sepúlveda, junto al Puente Nuevo sobre el río Caslilla. (Foto: A. Carrera)



Figura 163. La Silla de Montar. Al igual que los picozos, las capas verticales corresponden al flanco vertical del pliegue en rodilla de Sepúlveda, cuya erosión diferencial produce estas peculiares crestas paralelas. (Foto: A. Carrera)

EL MACIZO DE ZARZUELA DEL PINAR

Entre los macizos de Santa María y la Serrezuela aparece otro, que en realidad forma parte de la misma estructura geológica que aquéllos. Recibe en la literatura la denominación más común de Macizo de Zarzuela del Pinar, debido a que su núcleo urbano se sitúa en el centro de esta estructura. Aunque constituye una única entidad, en realidad queda dividido en varias 'islas'.

Un mirador excepcional entre Zarzuela del Pinar y Fuentepeelayo

Si el macizo de Zarzuela del Pinar no es muy destacado por las formas del terreno que muestra, sí que lo es por incluir uno de los miradores naturales más soberbios de toda la provincia. Nos referimos al Alto de San Cebrián, coronado por las ruinas de una ermita. El carácter excepcional de este mirador se debe por un lado a su posición geográfica, situado en el centro norte de la provincia, y por otro a su posición fisiográfica. Este último rasgo es determinante, dado que si bien el alto es apenas un pequeño otero, al estar situado sobre un macizo (que a su vez ya constituye una pequeña altiplanicie sobre el resto de la llanura), su cuenca visual es amplísima. Todas las vistas que pueden obtenerse desde aquí son de gran calidad, como las existentes hacia el Norte, con el 'mar' de la Tierra de Pinares en primer término, y los páramos formando la línea del horizonte.

A borbotones: Las Fuentes, Aguilafuente

El área recreativa Las Fuentes, en Aguilafuente, se desarrolla en torno a una serie de manantiales muy caudalosos que sirven de abastecimiento a ésta y a otras localidades cercanas. Estos manantiales se sitúan a pocos metros del curso del río Cega, apenas un kilómetro antes de que éste se abra paso a través del Macizo de Zarzuela del Pinar.

El origen de estas fuentes naturales es bastante típico. La surgencia de aguas subterráneas se produce en la zona de contacto entre el recubrimiento arenoso que sirve de sustrato a la Tierra de Pinares (con permeabilidad alta) y una unidad de conglomerados, areniscas y arcillas, de permeabilidad media a baja, que se sitúa por debajo del manto de arenas. De esta manera, las aguas subterráneas que rellenan los poros de la capa arenosa encuentran mayor dificultad para circular entre los poros de los materiales inferiores. Cuando el contacto entre esas dos unidades de distinta permeabilidad 'corta' la superficie del terreno, como sucede aquí, se forman los manantiales. Pero si ésta es la explicación genérica, el hecho de que exista aquí un caudal tan elevado se debe precisamente a la proximidad del macizo de Zarzuela. Éste actúa como una gran 'barrera impermeable' al flujo regional hacia el norte de

macizos

todas las aguas subterráneas que rellenan la cuenca sedimentaria entre el piedemonte de la Sierra y la alineación de los macizos de Santa María y Zarzuela.

Rocas podridas en el Molino del Ladrón

El río Cega corta perpendicularmente el macizo granítico de Zarzuela del Pinar-Lastras de Cuéllar formando un tramo fluvial que nos recuerda a un valle serrano, o del piedemonte, debido al condicionante que introduce el cambio de tipo de rocas en el paisaje. En su tramo final, aguas abajo de la cerrada del embalse Bodón de Ibiensa, el valle adopta la forma de una pequeña garganta, que incluye elementos característicos de ríos que discurren sobre roca, como por ejemplo 'marmitas de gigante'.

Tanto las inmediaciones del Molino del Ladrón (allí donde la pista cruza el río) como las proximidades de la cerrada del embalse ya referido, constituyen alguna de las mejores localizaciones de toda la provincia para observar **saprolitos** (que literalmente significa 'rocas podridas'). Este término refiere a un tipo de regolito (roca descompuesta) en el cual es posible observar las estructuras originales de la roca que se ha meteorizado. Este concepto es interesante, porque quiere decir que la roca se ha alterado (ha sufrido transformaciones minerales, y ha perdido materia), pero sin que se haya producido un cambio de volumen. Por otro lado, es posible reconocer aún el tipo de roca, a pesar de que ésta esté profundamente modificada. De esta manera, cualquier persona familiarizada con las rocas más comunes puede llegar a la conclusión de que éstas son granitos. Sin embargo, se trata de un granito que puede ser desagregado directamente con la mano, cuando en condiciones normales, como todo sabemos, es una roca muy dura. Las proximidades de la cerrada de la presa permiten explicar otro concepto geológico. Unos sedimentos arenosos del 'Terciario' (edad Aragoniense, hace aproximadamente 15 millones de años) descansan sobre una superficie irregular de granitos mucho más antiguos, descompuestos. A este tipo de discontinuidad se le denomina **inconformidad** (figura 164).

La presencia de saprolitos en el subsuelo puede constituir un factor limitante de primer orden en obras de ingeniería, dado que es un material muy débil, que no resiste cargas muy pesadas. Sirva este apunte a título meramente informativo, ya que en el caso de la cerrada de la presa del Bodón de Ibiensa, aunque está muy próxima a las rocas descompuestas, en realidad está apoyada sobre rocas mucho más 'sanas'. Ello es así porque el saprolito constituye la capa más superficial de este macizo granítico (de unos metros de profundidad), y en la zona donde el río ha erosionado, formando una garganta, ha dejado al descubierto la roca granítica dura sobre la que se apoya la presa.

Para saber más: ITGE (1995a, 1995b); Pinillos *et al.* (2003).



Figura 164. Las rocas grises de la parte inferior del talud son granitos descompuestos (saprolito). Sobre ellos se apoyan unos sedimentos arenosos del 'Terciario', separados por una inconformidad. (Foto: A. Carrera).



Figura 165. Río Cega, en las inmediaciones del Molino del Ladrón. (Foto: A. Carrera)

cañones



Aunque existen en la provincia más cañones que los del Duratón (hoces meridionales y septentrionales) y del Riaza, incluimos en este epígrafe a los valles más 'encajados' de estos dos ríos. En realidad, es sólo una cuestión de escala: es decir, por su gran tamaño configuran un dominio paisajístico.

Los referidos cañones aparecen como hendiduras profundas, excavadas por los ríos Duratón y Riaza en el macizo de Sepúlveda y borde oriental de la Serrezuela de Pradales, respectivamente. Su elemento más destacado son unos magníficos cortados rocosos, normalmente desnudos de vegetación, o sólo ligeramente cubiertos por plantas herbáceas y matorrales dispersos, en tramos donde la roca es menos masiva o sobre los derrubios que se acumulan en la base de los cantiles. Estos cortados permiten observar una buena parte de la sucesión de sedimentos de origen marino y continental del Cretácico superior, y presentan una gran diversidad de elementos geomorfológicos de interés. Además, constituyen un hábitat de gran valor ecológico por las especies de fauna que albergan. En el contexto de las amplias llanuras y altiplanicies de la Meseta, estos cañones introducen una gran diversidad geológica, biológica y visual.

En este sentido, no es casual que los dos únicos parques naturales de la provincia de Segovia, Las Hoces del Duratón y del Riaza, coincidan precisamente con cañones desarrollados sobre rocas carbonáticas.

ASÍ SE FORMARON LAS HOCES DEL DURATÓN

El río Duratón, desde su nacimiento en las proximidades del Puerto de Somosierra (Madrid-Segovia), atraviesa muy diferentes configuraciones paisajísticas en su discurrir hacia Peñafiel (Valladolid), donde desemboca en el río Duero por su margen izquierda. De todas ellas, destacan por su espectacularidad aquéllas en las que el río es partícipe principal en la evolución morfológica, generando valles, gargantas u hoces, que contrastan con la habitual uniformidad de la meseta castellana.

Sin duda alguna, los parajes más peculiares se localizan en las zonas en las que el río atraviesa litologías carbonáticas (calizas, dolomías, margas...) donde, por la naturaleza de éstas, la verticalidad de las paredes del valle contrasta notablemente con su fondo plano. Esta configuración paisajística es peculiar no por ser única, ya que diversos ríos y arroyos segovianos la poseen (Riaza, Pirón, Viejo, Eresma, Tejadilla, etc.), sino por las proporciones que alcanza en el caso del río Duratón.

Dos tramos del río son especialmente reconocidos por este carácter: el comprendido entre las localidades de Corral de Duratón y Burgomillodo (Carrascal del Río), y el valle que discurre entre San Miguel de Bernuy y la villa de Fuentidueña; no conviene olvidar el trayecto aguas abajo de Fuentidueña, de paredes no tan verticalizadas, pero igualmente encajonado en un valle de fondo plano. El primero de esos tramos, corresponde al cañón meridional del río Duratón (o simplemente las Hoces del Duratón) y fue declarado Parque Natural en sus dos terceras partes el 27 de junio de 1989; el segundo tramo se denomina cañón septentrional, de Las Vencías (por el nombre del embalse que alberga) o de Fuentidueña (por ser la localidad más importante de sus inmediaciones).

Las Hoces del Duratón surcan de Este a Oeste, y luego de SE a NO el denominado Macizo de Sepúlveda, donde afloran principalmente materiales del Cretácico superior, con dos conjuntos de rocas: uno inferior terrígeno (cuarzoarenitas y arcillas), y uno superior carbonático (calizas, dolomías y margas) de origen marino. El Cañón sirve de borde oriental a la comarca de la Tierra de Pinares y de límite meridional a la Sierra de Pradales o La Serrezuela. La altitud media ronda los 1000 m, con máximas en torno a los 1150 m en la zona septentrional y mínimas de 850 m en el borde noroccidental.

El valle del río Duratón y las Hoces

No cabe duda que lo que más llama la atención al visitante del Macizo de Sepúlveda es el espectacular valle que el río Duratón ha formado en las lastras, y que sirve de límite oriental a la Tierra de Pinares. Así pues, las preguntas que cabe hacerse son: ¿Cómo se ha formado este valle? ¿Son las Hoces un paisaje reciente o antiguo? ¿Por qué tienen las paredes tan verticalizadas? ¿Tuvo el Duratón un cauce



Figura 166. Fondo del cañón del río Duratón, anterior a la construcción del embalse de Burgomillodo. Archivo del Departamento de Geodinámica, Universidad Complutense de Madrid.

Figura 167. Fotografía aérea de las hoces septentrionales del río Duratón, entre San Miguel de Bernuy y Fuentidueña. (Foto: A. Carrera)

cañones

tan ancho como el cañón actual? ¿Por qué describen esas curvas o meandros?

Las respuestas a tales preguntas no son sencillas, puesto que aún son objeto de controversia científica, y materia de estudio de tesis y tesinas universitarias. Sí que sabemos que el gran valle se ha formado por el progresivo encajamiento del río Duratón en las superficies de las lastras, esto es, el río ha ido erosionando las rocas de su lecho a lo largo de, al menos, los últimos dos millones de años, excavando una especie de gran zanja. Algo parecido a como un serrucho va formando una hendidura estrecha y profunda en un bloque de madera. Para entender esta enorme capa-



cidad erosiva del río hay que tener en cuenta dos aspectos: que las rocas que forman las lastras (calizas y dolomías) son parcialmente solubles en agua mediante la denominada acción cárstica, con lo que el lecho del río ya estaba previamente 'agujereado' por pequeñas cuevas y dolinas, cuyo hundimiento facilitaba la tarea erosiva del río; y por otro lado, la enorme magnitud temporal de la que estamos hablando (unos dos millones de años), que reduce la tasa media de encajamiento del valle en las lastras circundantes (unos 200 m como máximo en la zona de Villar de



Figura 168. Fotografía aérea del cañón u hoces meridionales del río Duratón: Sector del valle con orientación SE-NO, donde se sitúan los meandros más cerrados, que dejan elongadas penínsulas en sus orillas internas, como en la que se ubica la ermita de San Frutos (Foto: Justino Díez).

Sobrepeña) a la insignificante cifra de una décima de milímetro por año.

Esa cifra media de velocidad de encajamiento del valle del Duratón en las lastras es engañosa, puesto que dicha incisión se produjo en dos etapas claramente diferenciadas: una etapa inicial en la que el Duratón formó un primer valle ancho y poco profundo (paleovalle); y una etapa final, que aún continúa, en la que ha sufrido un rápido y profundo encajamiento de más de 60 m, formando el cañón propiamente dicho (estrecho y de paredes verticalizadas), que ocupa una estrecha banda del lecho del antiguo paleovalle. No sabemos con certeza cuándo se produjo el cambio en la modalidad de incisión del valle, pero estuvo motivado por una de estas dos causas: o bien se produjo un ligero levantamiento tectónico de las rocas del Macizo (neotectónica); o bien se produjo un repentino descenso del nivel de mares y océanos durante uno de los periodos glaciares del Cuaternario (el último finalizado hace unos 10.000 años), que hizo descender el nivel del lecho del río Duero, y en consecuencia de todos sus afluentes, entre ellos la cota de desembocadura del Duratón. Siempre se suele comparar ambas posibilidades con las dos formas que hay de cortar un queso (que en el símil equivale a las rocas del Macizo), con un cuchillo (que equivale al cauce del río Duratón): o bien ponemos el cuchillo quieto sobre el queso, y levantamos el queso (equivaldría a la neotectónica); o bien dejamos quieto el queso y apretamos el cuchillo, bajando suavemente su filo hasta alcanzar la superficie de la tabla de cortar (que equivaldría al nivel del Duero o del mar). Para más complicación, no se descarta que lo que en realidad haya ocurrido en la formación del Cañón del Duratón sea una combinación de los dos fenómenos.

El resultado de ambas fases de encajamiento ha sido que, a partir de la parte culminante de los relieves estructurales en los materiales cretácicos (lastras, mesas y escarpes de cuesta), se ha producido durante el Cuaternario el progresivo encajamiento de la red fluvial, formando algunos de los elementos que hoy se reconocen en el paisaje: un cuenco ancho, algo desdibujado, en la parte superior del valle, donde se reconocen retazos de lecho del antiguo paleovalle (denominados paleocauces), allí donde el encajamiento posterior del cañón no lo ha desmantelado; el cañón actual de paredes verticalizadas; y los vallejos y barrancos de los torrentes afluentes laterales, que forman gargantas y hocinos en las lastras y el paleovalle, y que quedan 'colgados', formando cascadas en su desembocadura al Duratón, cuando alcanzan el cañón, dejando en las paredes muescas con perfil de V ó U. Esta singularidad de los afluentes colgados es fácilmente reconocible en las desembocaduras de barrancos en el entorno de la ermita de San Frutos, y se ha justificado por dos circunstancias: el rápido encajamiento del cañón principal, hace que los vallejos afluentes, con menor caudal (prácticamente secos todo el año), no sean capaces de incidir en su lecho a la misma velocidad que el Duratón (con caudal perenne), quedando sus valles descolgados en las paredes del cañón; otros lo justifican porque el Duratón, en el lento desplazamiento

cañones

lateral de sus meandros, ha seccionado o erosionado la desembocadura de los torrentes, dejando colgadas las cabeceras de los mismos.

De lo explicado hasta ahora parece deducirse que la amplitud del paleovalle y del cañón corresponde al ancho del cauce del río Duratón en cada momento. Nada más lejos de la realidad; el Duratón no ha variado significativamente de anchura y caudal medios en los últimos miles de años, y la mayor anchura del valle se debe a que el río no discurre siempre en línea recta y por el mismo lugar, sino que va divagando (describiendo curvas o meandros), y además cambia de posición durante las crecidas y avenidas. Así, moviéndose a derecha e izquierda y erosionando en las paredes del valle, éste se va ensanchando progresivamente, a pesar de que el río continúe siendo estrecho y poco caudaloso. A este ensanchamiento contribuyen igualmente, y de forma importante, los frecuentes desprendimientos y deslizamientos que se producen en las paredes y cortados del valle, que hacen retroceder los escarpes (ampliando el valle) y desplazan los cantos y bloques al fondo al cauce, que los erosiona y transporta aguas abajo. Muchos de estos desprendimientos, vuelcos y deslizamientos están a su vez motivados por el descalzamiento o zapado que produce el río en la base de los cantiles, especialmente en la orilla externa de las curvas de meandro, y favorecidos por la infinidad de cuevas, solapos y abrigos que generan extraplomos inestables en las paredes del cañón.

Por último, queda por explicar por qué el trazado en planta del cañón del Duratón describe esas vertiginosas curvas, llamadas meandros en los ríos, y que por su semejanza con el apero agrícola, ha trasladado a estos parajes el nombre de hoces y hocinos. Los estudios más antiguos justificaban este trazado sinuoso, especialmente visible en el cañón actual (no tan evidente en los restos del paleovalle), por el control que ejercían las grietas y fisuras que tienen las rocas (fallas y diaclasas), en la dirección del río, de manera que diferentes grupos de grietas oblicuas habrían obligado al río a adoptar estas curvas cerradas. De hecho, el trazado este-oeste del valle entre Sepúlveda y la confluencia con el río San Juan sigue paralelo a un gran pliegue en rodilla y la falla que lo formó. Hoy en día se tiende a pensar que en este trazado meandriforme también influye un posible basculamiento tectónico ligero (de orden de milímetros) en el Macizo de Sepúlveda, que habría controlado la pendiente de los cursos fluviales, condicionando que describieran meandros en su trazado.

Elementos geológicos singulares en las Hoces del Duratón

a) El paleovalle y el paleocauce

Dentro del valle del Duratón se sitúa un antiguo valle (paleovalle) ancho y rectilíneo, en cuyo antiguo lecho (paleocauce) pueden diferenciarse tres tramos: el primero (desde



Figura 169. Fotografía aérea del cañón u hoces meridionales del río Duratón: Sector del valle de orientación E-O, en el que los meandros son más abiertos, y condicionados por la fracturación de las rocas del sustrato, adoptando un patrón quebrado en zig-zag. (Foto: A. Carrera)

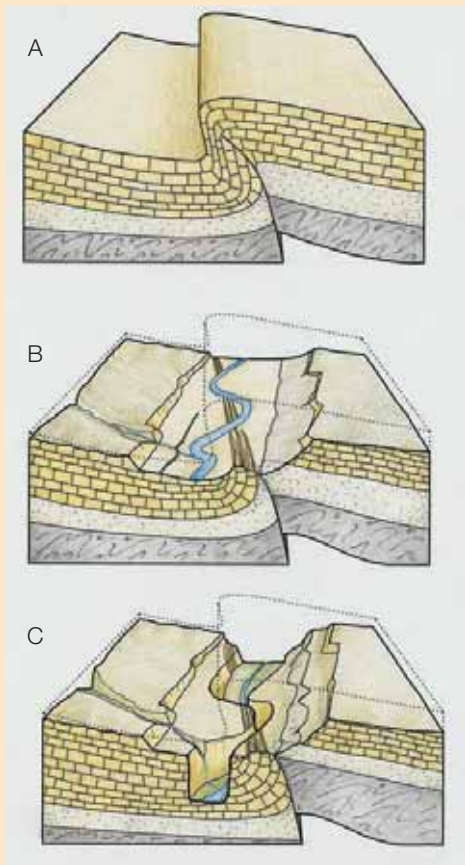


Figura 170. Bloques-diagrama seriados explicativos del encajamiento progresivo del valle y cañón del río Duratón. A) La orogenia Alpina formó en las calizas cretácicas un gran pliegue 'en rodilla' con dirección E-O; B) El río Duratón erosionó la zona de máxima curvatura del pliegue (denominada charnela) al ser la más fracturada, formando un paleovalle rectilíneo (con dirección ligeramente oblicua al pliegue), al que desembocaban con normalidad los afluentes de la margen derecha (en el dibujo a la izquierda); C) Finalmente, se produce el rápido encajamiento del cañón en el lecho del paleocauce, con trazado meandriforme, dejando colgados los valles laterales de los afluentes y restos del antiguo valle.

la entrada del río en las rocas carbonáticas hasta su confluencia con el Casilla) presenta dos niveles topográficos; el segundo, desde el punto anterior hasta la central de Molinilla, en el que presenta dirección E-O paralela al pliegue de Sepúlveda y un único nivel; y el tercer tramo, que llegaría hasta el embalse de Burgomillodo, con dirección N-NO donde también presenta un único nivel. En algunos de los niveles altos del paleocauce quedan restos muy erosionados de depósitos aluviales asociables a terrazas degradadas, formados por cantos rodados y gravas.

b) El Cañón

Se encuentra encajado profundamente dentro del paleocauce, dando escarpes que superan los 100 m. Incide en calizas y dolomías describiendo un curso meandriforme, característica diferenciadora de su paleocauce, que por el contrario era poco profundo, rectilíneo y ancho. Presenta una alta sinuosidad (1,6), fruto de la cual se pueden localizar orillas internas de meandro a modo de penínsulas (San Frutos y N^a Sra. de la Hoz), y meandros abandonados por estrangulamiento (La Hontanilla). El canal actual, notablemente paralelo en gran parte de su recorrido con el cañón, presenta dos tramos, uno de dirección E-O con 21 km de longitud, y otro de dirección SE-NO y longitud de 11 km.

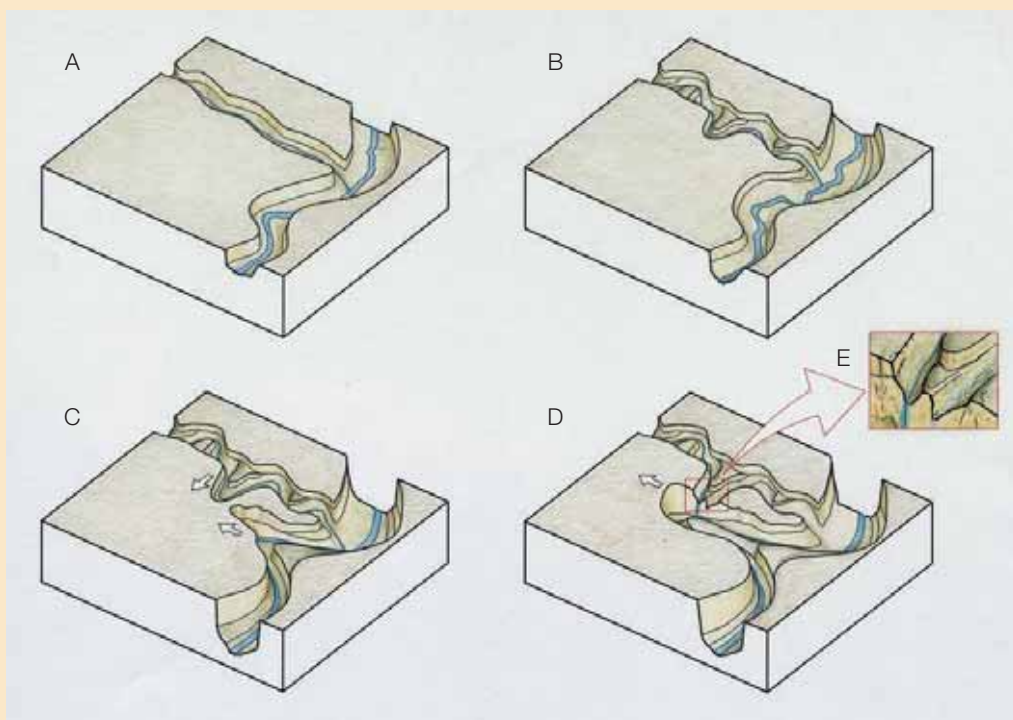
c) La captura del arroyo Valdepuerco por extensión de un meandro del Duratón

Un hecho singular que puede observarse desde la península de San Frutos es la captura de uno de los torrentes afluentes del Duratón desde su margen derecha, por parte del cañón de este río, en el área sobre la ermita de Santa Engracia. El arroyo Valdepuerco trazaba un pequeño meandro en la zona de El Angosto, antes de que la extensión del meandro del Duratón lo capturase desde este punto aguas arriba, dejándolo como un torrente colgado afluente. El tramo restante del arroyo hasta la desembocadura ha permanecido apenas sin escorrentía al quedar 'decapitada' su cuenca, reducida al valle situado al Sur de El Angosto. Es curioso observar la aparente correlación que existe entre los cursos de agua superficial y la red de conductos subterráneos; así, bajo la zona donde se produce la captura anteriormente citada se puede reconocer una gran cavidad que ha actuado hasta tiempos recientes como surgencia cárstica.

d) Desprendimientos y laderas coluvionadas en el entorno de San Frutos

Los procesos gravitacionales se verifican en laderas y paredes del cañón y conllevan el movimiento de material pendiente abajo. En general, los más comunes en el cañón son los desprendimientos, fenómenos instantáneos en los que la masa de

cañones



roca separada de la pared cae sobre llanura aluvial o el talud de derrubios, sin contacto con el sustrato. Se localizan en las paredes con mayor altura y pendiente, viéndose favorecidos por la disposición de la pared frente a los principales planos del diaclasado. En el proceso de desprendimiento tienen importancia especial los fenómenos periglaciares, fundamentalmente la gelifracción; también los nivales y cársticos, que crean vías preferenciales de ensanchamiento de las diaclasas y entrada de agua.

Aunque existen cicatrices de desprendimientos a lo largo de todo el cañón, los fenómenos subactuales, de especial importancia para la evaluación de riesgos potenciales, se localizan en el tramo SE-NO, y especialmente en la zona comprendida entre las ermitas de N^o S^a de la Hoz y San Frutos. En las proximidades de ésta última se han producido en los últimos años más de media docena de desprendimientos de dimensiones considerables, como los acaecidos bajo la propia parte trasera de la ermita, y el más reciente de la zona de Pillares-El Batán, que movilizó varios miles de toneladas de roca, formando un impresionante cono de derrubios a orillas del embalse.

Figura 171. Bloques diagrama seriados de la captura del arroyo Valdepuerco por la extensión de meandro del cañón del río Duratón (modificado de Díez *et al.*, 1996). A) El arroyo Valdepuerco desembocaba al río Duratón por su margen derecha, pero ambos empezaron a describir meandros (B), que se fueron exagerando en sus orillas externas por extensión (C); finalmente, el cañón del Duratón termina por cortar el vallejo del arroyo, decapitándolo (D); el resultado es una hendidura con forma de 'W' en la parte superior de la pared derecha del cañón (E), en la que sólo lleva agua durante las tormentas el vallejo de la izquierda, ya que el tramo aguas abajo queda inactivo.



e) Estructuras sedimentarias en los cortados rocosos

El profundo encajamiento del cañón del Duratón ha dejado al descubierto decenas de metros de la serie de rocas cretácicas, de origen marino, que constituyen el Macizo de Sepúlveda. Por ello, es fácil reconocer en los cortados algunas estructuras y disposiciones de las rocas o sus elementos (granos, partículas...) que nos permiten interpretar su origen submarino. Es el caso de las laminaciones cruzadas, estructuras en las rocas a escala centimétrica, horizontales unas e inclinadas otras, y que corresponden a un corte transversal de antiguas dunas subacuáticas que, movidas por el oleaje, se movían hacia la costa (ver explicación más detallada en las páginas 192-195). Uno de los ejemplos más fácilmente reconocible se encuentra en los cortados frente a la ermita de San Frutos, mirando desde la barandilla situada en las ruinas del antiguo convento, hacia las paredes de la otra orilla, en un escarpe situado bajo una encina. En los cortados sobre la ermita de Santa Engracia se llegan a reconocer, en la disposición de los bancos de roca, las formas de las antiguas dunas submarinas.

f) Fuente de la Salud

En el tramo del Cañón situado aguas arriba de Sepúlveda y el barrio de Santa Cruz, bajo los cortados de la Lastra Giriega, se ubica un importante manantial de origen cástico (ver explicación en las páginas 300-301), que vierte sus aguas casi directamente al cauce del río Duratón: se trata de la popular fuente de La Salud. Es una surgencia con cierta constancia en el caudal, a la que se ha estimado un aforo medio de 159 m³/hora (unos 44 litros por segundo), y una temperatura del agua (19 °C) superior a la media anual atmosférica, sin que pueda considerarse termal. La composición del agua es básicamente bicarbonatada cálcica (ver análisis en la página 422), con elevada mineralización de bicarbonatos, por lo que ha sido declarada agua minero-medicinal en julio de 1989. A sus aguas se atribuyen toda una serie de propiedades terapéuticas y curativas (dermatológicas, digestivas, urinarias...), tanto por el baño en la piscina que forma la represa del azud, como por ingestión o gárgaras. Entre las décadas de 1980 y 1990 se empezó a tramitar un proyecto de aprovechamiento como agua mineral embotellada, cuya captación alteraría notablemente el manantial, y que afortunadamente parece haber quedado paralizado.

g) Meandro abandonado de La Hontanilla

En la carretera local que une las localidades de Sepúlveda y Villar de Sobrepeña, aproximadamente a medio camino, se ha habilitado el arcén de la carretera en una curva como potencial aparcamiento para la observación del paisaje. Desde este

Figura 172. Fuente de la Salud. Manantial de origen cástico con surgencia de aguas ligeramente hidrotermales y muy bicarbonatadas cálcicas. (Foto: A. Carrera)

Figura 173. Vista aérea del cañón del Duratón desde el suroeste, donde se aprecian los meandros de la Hontanilla y El Parral, cerca de Sepúlveda. El primero de los meandros (a la derecha en la fotografía), ha sufrido un estrangulamiento, que ha dejado abandonado el tramo entre La Hontanilla y El Guijarral, por donde ya no circula el agua. (Foto: A. Carrera)

cañones

punto, o desde el extremo del camino que parte en dirección al Cañón, se observa uno de los ejemplos más espectaculares de meandros abandonados de la provincia de Segovia. El río Duratón originalmente formaba una curva (meandro), recorriendo la amplia vaguada cuyo fondo ahora está ocupado por zonas cultivadas en abandono y matorrales. En un determinado momento, el estrangulamiento de la parte estrecha de la orilla interna del meandro, produjo el corte del mismo, pasando a discurrir en línea recta, y abandonando esa antigua curva (ver explicación más detallada en las páginas 321-325). Destaca en este meandro abandonado el relieve acastillado aislado de la roca que quedaba en la orilla interna del antiguo meandro, que nos permite reconstruir perfectamente con la imaginación el antiguo trazado del río.

Para saber más: Bullón *et al.* (1978); Calonge y Díez (2002); Díez (1985); Díez (1986); Díez (1994); Díez *et al.* (1996); Eraso *et al.* (1980); G.E.V. Spalaeus (1986).



PEÑAS Y CUESTAS EN LAS HOCES DEL RÍO RIAZA

El río Riaza atraviesa la provincia de Segovia de sur a norte, desde el Puerto de la Quesera (Riofrío de Riaza) hasta Montejo de la Vega de la Serrezuela, configurando paisajes singulares. Entre ellos, sin duda destaca el cañón fluvio cárstico que forma el río entre Maderuelo y Montejo, como si antes de abandonar la Provincia el río quisiera 'imitar' la labor realizada por otras corrientes segovianas (Duratón, Pirón, Eresma, Tejadilla...).

Las Hoces del río Riaza se sitúan en el extremo nororiental de los relieves de la Sierra de Pradales (o La Serrezuela), en el vértice donde limitan las provincias de Segovia, Soria y Burgos. El río, discurriendo con dirección ESE-ONO a lo largo de unos diez kilómetros, ha excavado en las lastras circundantes un profundo valle de paredes verticalizadas que se extiende desde la cerrada del embalse de Linares del Arroyo hasta La Cuesta del Carrascal, en las inmediaciones de Montejo. Desde el año 1974, existe un refugio de rapaces gestionado por la Asociación para la Defensa de la Naturaleza (WWF/ADENA) y otro menor a cargo de la Confederación Hidrográfica del Duero; con posterioridad el conjunto ha sido incluido dentro de la Red de Espacios Naturales de Castilla y León, protegido bajo la figura de Parque Natural.

Como ocurría en el caso del Duratón, los materiales en los que el río Riaza forma su valle son rocas carbonáticas (calizas, dolomías, margas...) de edad Cretácico superior y origen marino, que se encuentran en disposición subhorizontal, salvo en los lugares donde han sido plegadas y falladas por la orogenia Alpina (como en la cerrada del embalse de Linares del Arroyo). El tramo final del valle está excavado en conglomerados calcáreos cenozoicos, compuestos de bloques y gravas cementados. Así pues, en las culminaciones y paredes de las Hoces afloran principalmente calizas, dolomías y conglomerados de colores beige-anaranjados, que confieren esa textura y tonalidad dorada-parda característica a las peñas y cortados. Además, su naturaleza carbonática posibilita la existencia de fenómenos cársticos, esto es, de carbodisolución por el agua, formando cuevas, torcas y simas (Peña Catedral), lapiares, torreones y relieves ruiformes, etc.

El cañón propiamente dicho está encajado en el valle, y presenta tres tramos diferenciados: entre la presa de Linares del Arroyo y la desembocadura del barranco de Valugar, donde dibuja amplios meandros; entre dicha confluencia y las ruinas del convento de Casuar, con un patrón básicamente rectilíneo, de escasa sinuosidad; y el tramo situado entre el convento y la Cuesta del Carrascal, marcadamente meandriforme, conformando hoces en sentido estricto. Este hecho se refleja en la toponimia popular, que reserva términos como La Hoz, para los parajes del meandro situado en las inmediaciones del Refugio, dentro del último

Figura 174. Las Hoces del Riaza se caracterizan desde el punto de vista geomorfológico por laderas con dos tramos: uno superior con escarpes y cortados, con relieves turrulares (peñas); y otro inferior, hasta el fondo del valle, de vertientes rectilíneas (cuestas) cubiertas por vegetación arbórea. (Foto: Justino Díez)

cañones



tramo. La diferente disposición de los tramos se debe a los controles litológicos y tectónicos, ya que atraviesa diferentes tipos de rocas y éstos están fracturados por fallas y diaclasas de distintas orientaciones, que condicionan la disposición de los principales cauces a favor de las zonas de debilidad, donde la roca fragmentada fue más fácil de erosionar por las corrientes.

El desnivel entre la parte superior del valle, conformado por los 'llanos' (Llano del Raso, Llano de la Raya, Llanos de Cabeza Calderón, El Llanillo...), y el fondo del cañon (El Soto y La Vega) se aproxima a los cien metros; sin embargo tan sólo la mitad superior de este desnivel (unos 50 m) está constituido por cortados y paredes verticalizadas o 'peñas' (Peña de la Paloma, Peña la Zorra, Peña Rubia, Peña Hundida, Peña Portillo...), estando ocupada la parte inferior por laderas tendidas con depósitos de coluviones desprendidos y acumulados en las partes bajas o *cuestas* (Cuesta del Convento, Cuesta del Carrascal...). Es en las peñas, aprovechando pequeños abrigos, conductos cársticos, torreones y diaclasas ensanchadas, donde las rapaces construyen sus nidos y posaderos.

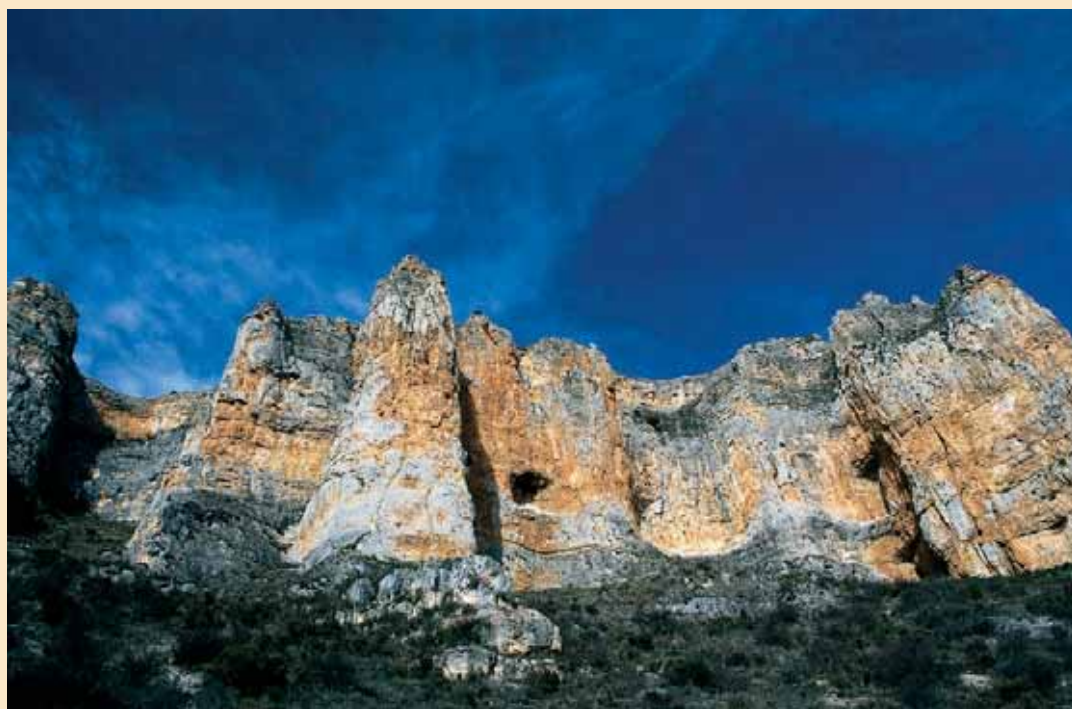


Figura 175. Los escarpes superiores de las laderas de las Hoces del Riaza (peñas) están salpicados por cortados en anfiteatro, que dejan aislados torreones o montículos alargados.
(Foto: J. F. Martín Duque)

cañones

Otras formas del relieve llamativas en el entorno de las Hoces del Riaza son los cerros testigos, lomas que han quedado preservadas de la erosión de su entorno gracias a estar apartadas de los barrancos y vallejos, o por estar culminadas por materiales más resistentes, que actúan como tapadera protectora. Los primeros salpican los llanos, y reciben el nombre de 'cabezas' (Cabeza, Cabeza Chica, Cabeza Grande, Cabeza Gorda, Cabezuelas, Cabeza de los Mojones, Cabeza Enebral...); los segundos se sitúan en las cuestas cretácicas (Cerros Otero y Valdevacas, en Villaverde y Valdevacas de Montejo) y en los materiales cenozoicos, bien en las orillas internas de meandros (Las Torres en Montejo de la Vega de la Serrezuela), o bien en los interfluvios de confluencias entre ríos y arroyos (recinto amurallado de Maderuelo, entre en río Riaza y el arroyo de San Andrés).

Para saber más: Bodoque y Chicharro (1999); Cascos (1988); Cascos (1991); Pinillos *et al.* (2003).



Figura 176. Inicio de las Hoces del río Riaza, aguas abajo del embalse de Linares. (Foto: Justino Diez)

campiñas



Las campiñas de la provincia de Segovia forman una banda de dirección suroeste-noreste, de unos 20 kilómetros de anchura media. Paralela al Sistema Central, se extiende entre el límite provincial con Ávila (Labajos y Martín Muñoz de las Posadas) hasta casi el de Soria (Corral de Ayllón y Campo de San Pedro).

Tienen un sustrato arenoso y arcilloso, y topografía de llanuras suavemente onduladas, sólo interrumpidas por los valles de los ríos principales. Esporádicamente, sobre esa sucesión de lomas y vaguadas destacan unos pequeños cerros 'testigo', como los otones y los conocidos 'montones' de Torredondo.

En las zonas de contacto con piedemontes y lastras, y en determinados sectores de la Tierra de Ayllón, el sustrato de esta unidad lo componen conglomerados, que son relativamente resistentes a la erosión y dan como resultando relieves de tipo cuesta y en forma de torreones. En el resto, los sedimentos que sirven de soporte a las campiñas están sólo ligeramente consolidados (arenas, gravas, cantos, arcillas). Este tipo de sustrato desarrolla unos suelos que son mucho más adecuados para la agricultura que los del piedemonte. Por este motivo, el uso mayoritario de las campiñas ha sido y es el cultivo de cereales de secano, con la presencia esporádica de viñedos. Sólo unos pequeños reductos de encinar aparecen en este dominio.

El alto grado de deforestación de esta unidad, y la alta susceptibilidad a la erosión hídrica de los suelos y el sustrato, son factores que condicionan la presencia de cárcavas y barrancos en muchas de estas zonas, especialmente en aquellas más próximas a los cursos fluviales principales (Carbonero de Ahusín, Ituero y Lama). En la comarca de Ayllón el sustrato es más arcilloso, y el piedemonte llega a estar parcialmente enterrado por los depósitos de la raña. La raña consiste en unos depósitos que en planta tienen forma de abanico (de hecho son 'abanicos aluviales'), con el ápice apuntando hacia la Sierra, y el sustrato está formado por conglomerados, arenas y arcillas.

Los suelos desarrollados sobre las rañas no son muy aptos para el cultivo, ya que son bastante impermeables como consecuencia del alto nivel de arcillas que contienen. Por este motivo aparecen cubiertas, con frecuencia, por matorrales y monte bajo de robledal. También por su alto contenido en arcilla son fácilmente erosionables, originando cárcavas y barrancos (como en Castillejo de Mesleón). La presencia de este sustrato sedimentario introduce una variación en los ecosistemas y el paisaje del piedemonte de Riaza.

ENTRE CÁRCAVAS Y BARRANCAS

Cuando las rocas por las que discurren los arroyos y torrentes son deleznable (se desmenuzan fácilmente), como arcillas o arenas arcillosas, estas corrientes suelen formar pequeños valles de perfil en artesa denominados barrancos o barrancas. Además, las cabeceras de estos arroyos, con infinidad de pequeños regueros distribuidos de forma arborescente, muy próximos entre sí, reciben el nombre de cárcavas, galachos o alcabenes; en Valseca, la calle y luego camino que se dirige hacia las zonas acarcavadas de Hontanares de Eresma, reciben el nombre de Los Galachos. Al territorio que ocupan estas cárcavas, intransitable por la infinidad de vallejos y las afiladas formas de los interfluvios, se le denomina algunas veces 'malpaís'. En Segovia, estos terrenos acarcavados, al considerarse perdidos para su uso agrícola, reciben el nombre de 'perdíós'.

Este tipo de paisajes son frecuentes en numerosas partes de la provincia de Segovia, al ser comunes las rocas sedimentarias arcillosas y la presencia de arroyos estacionales de fuertes pendientes longitudinales.



Figura 177. Buena parte del término municipal de Ituerto y Lama está ocupado por laderas con visibles fenómenos erosivos, en los que abundan las cárcavas y barrancas, que ofrecen un aspecto descarnado y desprovisto de vegetación. (Foto: J.F. Martín Duque)

campiñas



Figura 178. Los paisajes rojos del pie de Somosierra, por la naturaleza arcillo-arenosa de los materiales y las elevadas pendientes, presentan relieves acarcavados en las proximidades de los principales ríos, como ocurre en la ladera derecha del río Serrano en Soto de Sepúlveda-Castillejo de Mesleón. (Foto: Justino Díez)



Figura 179. En detalle, las cabeceras de las cárcavas adoptan forma de anfiteatro, en las que existen infinidad de pequeños barrancos que configuran una red de drenaje arborescente (denominada pinnada). (Foto: Justino Díez)

Uno de los parajes que destacan por este tipo de relieves es el entorno de Ituero y Lama, donde los arroyos afluentes del río Piezga por su margen izquierda, han formado extensas cabeceras acarcavadas que erosionan una amplia superficie situada entre este pueblo y afluentes del río Moros. Son frecuentes los parajes cuya toponimia hace referencia a estas características, como: El Carcaval, La Barranca, Cuesta Mala...

Otros lugares donde se encuentran paisajes acarcavados en Segovia son: las laderas septentrionales del río Serrano y el arroyo de Valarta entre Soto de Sepúlveda y El Olmo, con parajes como Los Barrancos; La Cárcava (Carbonero el Mayor), dando nombre al campo de tiro local; El Llanillo (Hontanares de Eresma); Las Cárcavas (Cantimpalos); y diversos parajes de Pajares de Fresno, Carbonero de Ahusín, Valseca, Pedraza, Orejana, etc.

En el proceso de formación de las cárcavas y barrancas tiene una notable importancia un fenómeno denominado sufusión (en inglés, *piping*). Consiste en la circulación subsuperficial de las aguas de lluvia o fusión nival infiltradas en el suelo, que produce un lavado de los materiales más finos (arcillas y limos), formando auténticas galerías subterráneas. El colapso de estas galerías condiciona las direcciones de los cauces superficiales, y acelera el proceso de encajamiento y profundización del lecho, que se produce de forma intermitente en el tiempo (asociado, por ejemplo, a fuertes tormentas estivales).

Otro fenómeno que influye en la formación de cárcavas es el encajamiento reciente (en los últimos miles de años) de los cauces principales, normalmente ríos, en los que desembocan los arroyos y barrancas. Este encajamiento ha hecho descender el nivel de base y ha facilitado, a su vez, la erosión remontante de los arroyos, que desplazan sus cabeceras hacia aguas arriba, surcando con mayor profundidad las planicies y lomas culminantes. Notable influencia ha tenido igualmente la acción humana sobre el territorio, tanto por la deforestación, los cambios de usos, la minería en ladera, el aterrazamiento de las laderas y el sobrepastoreo en zonas de elevada pendiente, que han acelerado y extendido los fenómenos de acarcavamiento.

En las zonas de Ituero y Orejana, después de tormentas intensas, las arenas erosionadas en las cárcavas se sedimentan en la vega del río Piezga y de afluentes del arroyo del Pontón, formando pequeños conos aluviales. Estas arenas han sido y son recogidas por la población local, siendo usadas en sus construcciones particulares.

Para saber más: Fernández (1987); Muñoz y Tanarro (2000).

campiñas



Figura 180. Los relieves tabulares (mesas y lastras) de la comarca de Pedraza también presentan paisajes acarcavados, relacionados con los materiales areno-arcillosos de la base de las laderas, y acelerados por la actividad humana ancestral (minería tradicional, deforestación, sobrepastoreo...). En el fondo de los amplios valles, la llegada y depósito de las arenas arrastradas por las cárcavas y barrancas, forma extensos arenales, tradicionalmente aprovechados como zonas de cultivo. (Foto: Justino Díez)

OTONES Y MONTONES

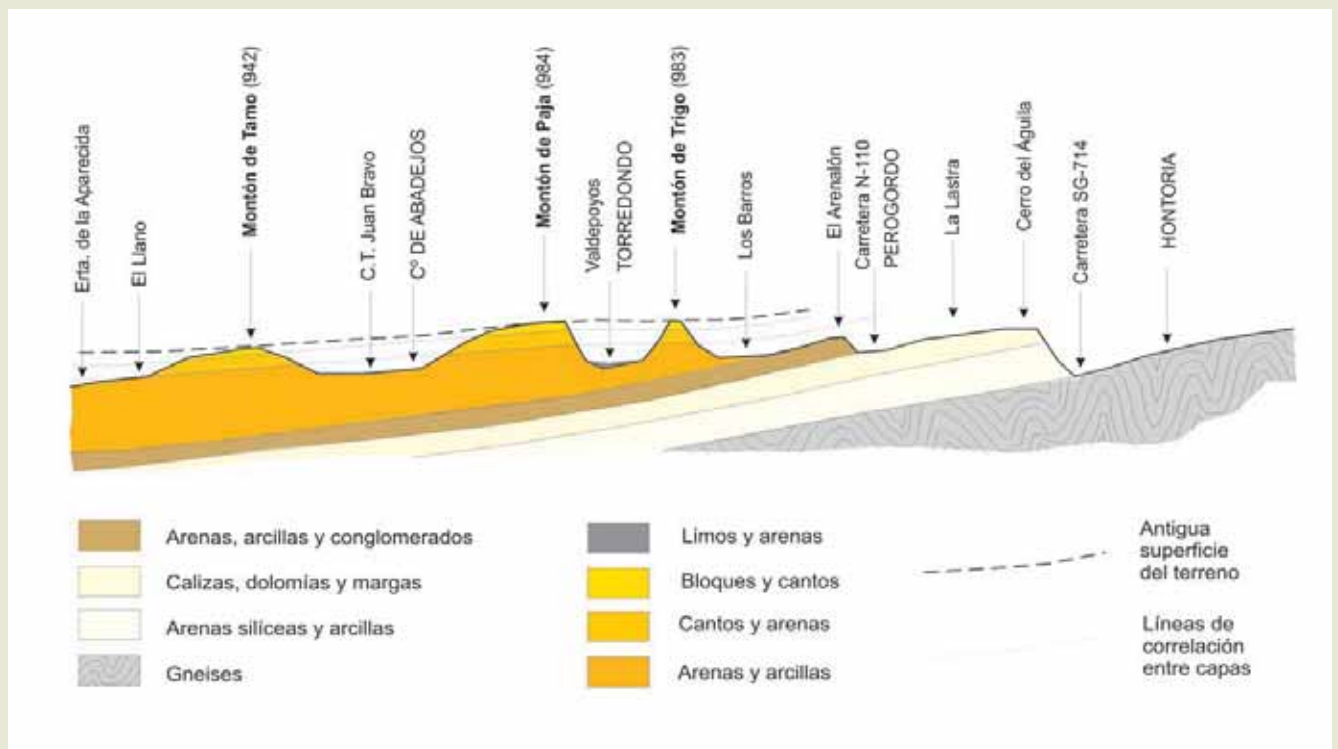
Las campiñas segovianas están salpicadas por cerros cuya altura sobresale notablemente respecto al entorno alomado y de formas suaves. Se trata de los montones y otones, en clara alusión a su morfología y altura, que recuerda a las acumulaciones o amontonamientos de productos que se hacen en las labores agrícolas de las campiñas.



Figura 181. Los cerros del Montón de Trigo (arriba en el centro la foto) y el Montón de Paja (abajo a la derecha) constituyen dos magníficos ejemplos de cerros testigo situados en el interfluvio entre los ríos Milanillos y Eresma, que nos marcan hasta dónde llegó el relleno de sedimentos, posteriormente erosionado por la acción de ríos y arroyos. (Foto: A. Carrera)

campiñas

En su mayor parte se trata de 'cerros testigo', esto es, elevaciones que nos sirven como testigo o certificación de la altura que, en algún momento, alcanzó toda la campiña circundante. Efectivamente, hace varios miles de años, el relleno de la campiña alcanzaba la misma cota que la culminación de estos cerros y, aunque parezca increíble, fueron los arroyos y ríos los que con su lento trabajo erosivo han ido desgastando el ingente volumen de material que falta entre los cerros. Así pues, los montones y otones son el único residuo que nos queda de las antiguas



superficies, por lo que también reciben la denominación de 'relieves residuales'. Además, si aparecen aislados, separados de otros relieves o cerros, con una llanura circundante, reciben el nombre de 'montes isla'.

El hecho de que precisamente se hayan conservado los cerros en esa posición y no en otras, puede deberse a varios motivos: por situarse lejos de cualquier arroyo o río que erosione la zona, como por ejemplo en una posición elevada en el centro del interfluvio de dos ríos importantes (relieves residuales de posición);

Figura 182. Como se puede apreciar en este corte geológico simplificado, las cumbres de 'los montones' (Montón de Trigo, Montón de Paja y Cerro de Tamo) formaron hace tiempo una misma superficie del terreno (línea discontinua), como se deduce de sus similares altitudes y de la correlación entre las capas o niveles de roca que los constituyen (líneas punteadas). La posterior incisión de los arroyos y ríos formó amplios valles que dejaron individualizados los tres cerros.

debido a que estén formados por rocas más resistentes a la erosión que el resto de las rocas circundantes (relieves residuales de resistencia); por tener rocas más resistentes en la parte superior del cerro, que sirvan de protección a modo de tapadera de los materiales infrayacentes; o cualquiera de las posibles combinaciones entre las circunstancias anteriores.

Entre dichos cerros, dos conjuntos han dado nombre a parajes y localidades, e incluso sus formas han generado leyendas populares: los montones de Trigo, Paja y Tamo de Torredondo-Valverde del Majano; y los otones de Otones de Benjumea.

Los montones de Trigo, Paja y Tamo, como es sabido, reciben estos nombres ya que sus formas recuerdan, respectivamente, a las acumulaciones de granos, cañas y fibras que se producían en las eras cuando se aventaba la parva tras la trilla: la primera, de base estrecha y terminación puntiaguda; la segunda, más ancha y de culminación alomada; y la tercera, mucho más baja, dispersa y redondeada. Se trata de cerros testigo cuyas culminaciones (a 983, 984 y 942 m, respectivamente) enlazaban originalmente entre sí y con los relieves circundantes (La Mesa, Alto de la Gaitana...). Al situarse en el interfluvio Milanillos-Eresma, tan sólo algunos afluentes estacionales han sido capaces de erosionar sus inmediaciones, como el arroyo de Valdepoyos, cuyo valle es el responsable de que quedasen separados los montones de Trigo y Paja. Las bases de los tres cerros están constituidas por los materiales más deleznable y erosionables, fundamentalmente arenas y arcillas, de ahí topónimos como Los Barros o Pedazo Barreno; las culminaciones están constituidas por bloques, cantos y arenas, más resistentes, por lo que han servido de protección o tapadera a los infrayacentes.

Los otones son un numeroso conjunto de cerrillos que se sitúan en la campiña del interfluvio entre el río Pirón y los afluentes del arroyo Malucas. Según Sigüero (1997), la palabra otón es la conjunción del adjetivo *oto-*, derivación de la voz latina *altus* (alto), y la terminación *-on*, que es un diminutivo; así pues, un otón es un alto pequeño. Destacan, en el entorno de Otones de Benjumea y Escalona del Prado, los siguientes cerros: Otoncillo (1003 m), El Quemado (1003 m), El Otón (994 m), Cerro del Otón (978 m), El Monte (963 m), y Otorrubio u Otonrubio (951 m). Además de su situación en el centro de un ancho interfluvio, contribuye a la conservación de estos relieves residuales el hecho de que en su culminación conserven restos de rocas más resistentes (cantos y arenas arcósicas) que las litologías de la llanura circundante (arenas); además, la mayor parte de los cerros se sitúan en una alineación SE-NO, siguiendo una depresión de control tectónico.

Para saber más: Pedraza *et al.* (1996); Sigüero (1997).

Figura 183. La campiña del interfluvio entre los ríos Pirón y Malucas aparece salpicada de pequeños cerros de forma redondeada, los 'otones'. Al tener pendientes más acusadas que su entorno circundante, no fueron roturados para aprovechamiento agrícola, y presentan restos de la vegetación arbórea original.

(Foto: Justino Díez)

campiñas



PAISAJES ROJOS DE LA RAÑA DEL PIE DE SOMOSIERRA-AYLLÓN

Los piedemontes de Somosierra y la Sierra de Ayllón, en su sector más próximo a las estribaciones montañosas, están recubiertos por materiales conglomeráticos, arenosos y arcillosos de característicos tonos pardo-rojizos. Se trata de los mismos materiales que aparecen ocupando los piedemontes de otros sistemas montañosos: Montes de Toledo, Sierra Morena, Sierra de Francia, Sierra de Guadalupe, Cordillera Cantábrica... En la alta Extremadura, de donde son muy característicos, reciben el nombre de 'raña', denominación que se ha extendido al resto de la península Ibérica.

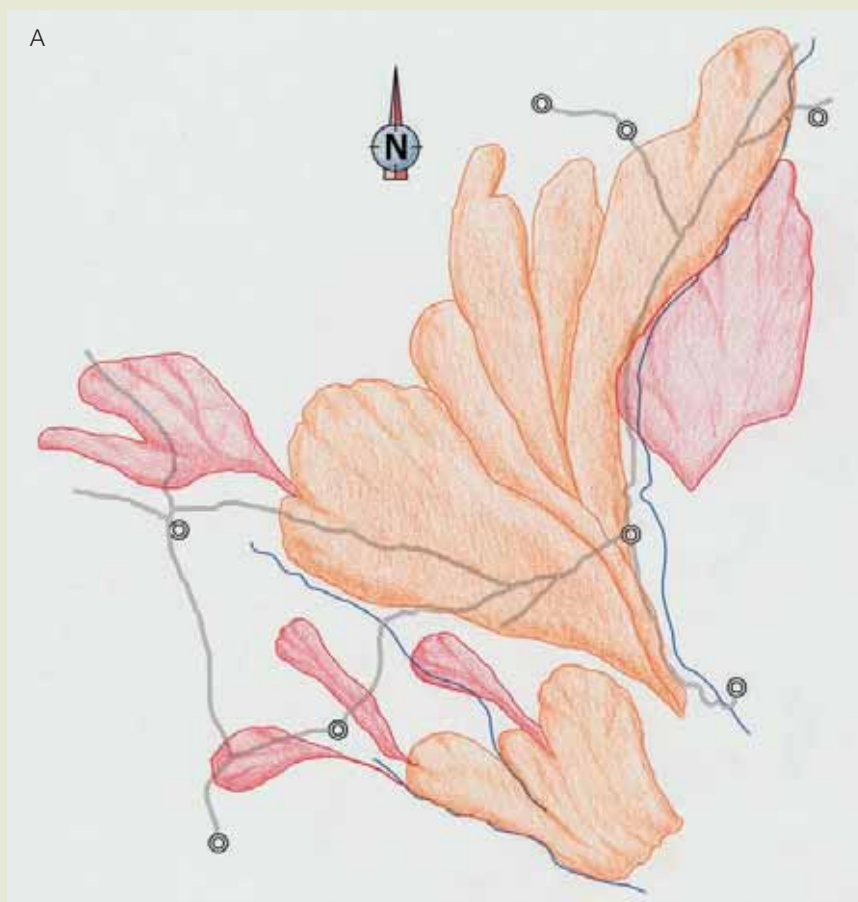
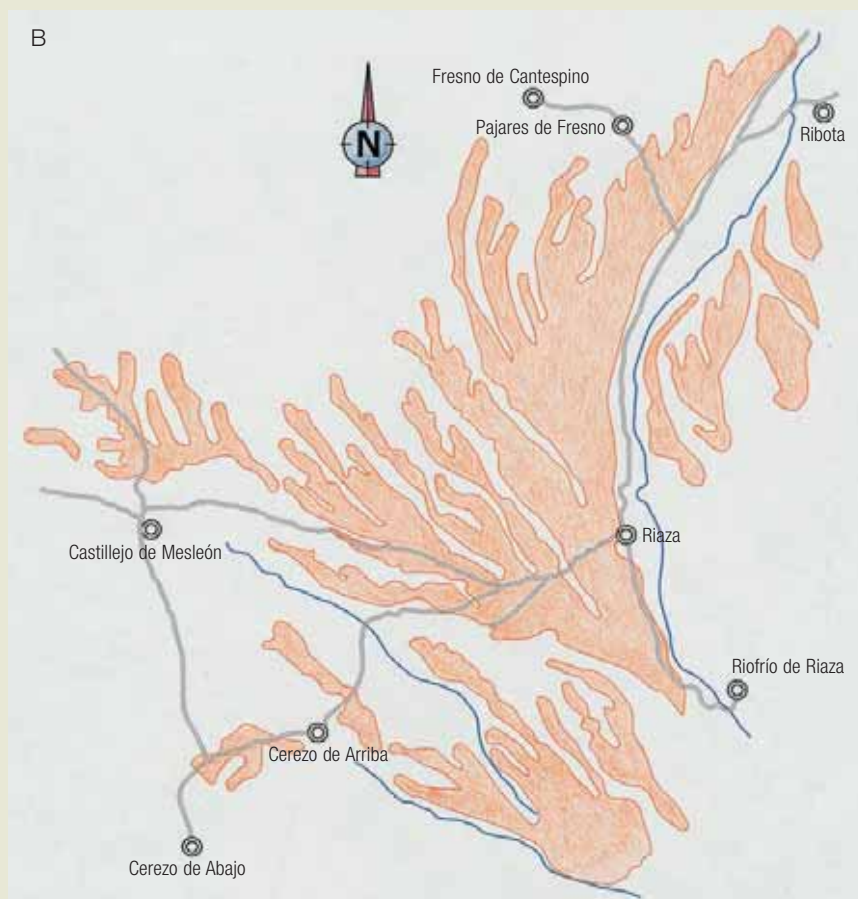


Figura 184. Mapa de la distribución de los abanicos de raña en el piedemonte de Somosierra-Ayllón: A) Situación original durante la formación de los abanicos hace unos dos millones de años; B) situación actual con los abanicos erosionados por la red fluvial (basada en Forteza *et al.*, 1993, pág. 187).

campiñas

Estas coloraciones rojizas de las arenas y arcillas (de donde derivan topónimos como *Terrera Colorada*, en Ribota), junto a la ligera inclinación (que no supera los 5°, de ahí que sea frecuente el topónimo *Los Llanos*) y la elevada pedregosidad de la superficie del recubrimiento, confieren a los paisajes de raña un aspecto característico. Su coloración contrasta con los tonos grises, amarillos y verdes de las matas de roble melojo y repoblaciones de pinos resineros, con sotobosque de gayuba, que colonizan este recubrimiento.

Su forma en planta adquiere característicamente un patrón subtriangular en abanico, a modo de sectores circulares lobulados cuyo ápice se sitúa en las salidas al piedemonte de los principales valles montañosos. Destacan por sus dimensiones, los abanicos de: Riaza, en la salida del valle del río homónimo, en el lateral



de cuyo ápice se asienta la Villa, con una superficie inclinada unos 3° en la carretera SG-111 y que tiende a subhorizontal hacia Sequera de Fresno; Cerezuelo-Serrano, desde el pie de la estación de esquí de La Pinilla, siguiendo el río Serrano; Hontanares, situado al pie de la ermita hacia el noroeste; y Martín Muñoz, en la salida de los arroyos del Espinar y Chorrera, en cuyo ápice se sitúa esa localidad serrana, que ha empleado los cantos y arcillas de la raña como materiales de construcción tradicionales.

La raña es, pues, un conjunto de materiales detríticos (conglomerados, arenas y arcillas) depositados en el piedemonte de sistemas montañosos de constitución cuarcítico-pizarrosa, durante la transición entre los periodos Plioceno y Cuaternario (Plioceno medio-Pleistoceno inferior), esto es, hace entre 2 y 1,5 millones de años. La meteorización química (o alteración) previa de los materiales en las sierras preparó un ingente volumen de derrubios para que fuesen erosionados y transportados por los torrentes; las capas de cuarcitas dieron lugar a los cantos, gravas y arenas ricas en sílice; las pizarras se meteorizaron a arcillas, teñidas por óxidos de hierro procedentes de la alteración de silicatos y sulfuros férricos. Todo el conjunto fue transportado desde las laderas de la sierra por los principales torrentes, y depositado en el piedemonte allí donde se produce el cambio de pendiente entre las gargantas serranas y la llegada al llano. Allí adquieren morfología de abanicos aluviales o conos de deyección, esto es, se expanden desde el ápice (que enlaza con el valle del torrente generatriz) a modo de sector circular polilobulado.

La raña supone el último evento generalizado de relleno de las cuencas sedimentarias desde los sistemas montañosos, previo al inicio de la implantación de la red fluvial actual. Con posterioridad a su depósito, la red de drenaje actual (ríos Serrano y Riaza, con todos sus afluentes), se ha encajado en la superficie de la raña, formando valles y barrancos que dejan aflorar en sus laderas los materiales infrayacentes al recubrimiento (pizarras paleozoicas cerca de la sierra y arcillas miocenas en el llano), y haciendo, si cabe, más interdentado e irregular el borde de estos materiales.

Otro aspecto característico son los suelos que se desarrollan sobre estos recubrimientos, normalmente antiguos, muy delgados y poco fértiles, arenosos en superficie y más arcillosos en profundidad, y con pH ácido (entre 4,5 y 5,7). En el caso de las rañas segovianas, predominan asociaciones de suelos de tipo Acrisoles háplicos, húmicos y gleicos, y Cambisoles húmicos (Forteza *et al.*, 1993).

Se ha especulado mucho sobre el origen o causas de la formación de las rañas en los piedemontes ibéricos. Algunos autores aducen motivos climáticos, haciendo coincidir el momento de su formación con un ciclo húmedo-árido especialmente marcado; el periodo húmedo y cálido (subtropical) meteorizó las cuarcitas y pizarras

campiñas

en las sierras; el periodo árido movilizó dichos materiales a partir de eventos de avalanchas de derrubios durante fenómenos tormentosos muy intensos; además, estos cambios climáticos generaron crisis en la vegetación, acelerando los procesos de erosión. Otros estudiosos relacionan la raña con fenómenos tectónicos, asociando su formación a un momento de reajustes neotectónicos alpinos tardíos en los sistemas montañosos y el basculamiento de la península hacia occidente. Por último, un tercer grupo de investigadores conjugan ambos factores, y destacan el carácter local y diacrónico de su depósito.

Existen en Segovia otras zonas con recubrimientos de tipo raña o similares, llamados genéricamente rañizos. Destacan: el piedemonte norte de la Sierra de Pradales o Serrezuela, cuya raña se extiende por los términos de Aldeanueva de la Serrezuela y Valtiendas, donde los materiales han sido aprovechados en las grave-ras de las márgenes de la carretera N-603 en el límite provincial; y el piedemonte de la Sierra de Ojos Albos, en el límite con la provincia de Ávila.

Para saber más: Forteza *et al.* (1993).



Figura 185. Desde el mirador de Piedrasllanas (próximo a la ermita de la Virgen de Hontanares, Riaza), los paisajes rojos de la raña del piedemonte destacan por su cromatismo y su aspecto alomado y acarvacado. (Foto: A. Carrera)

TORREONES ENTRE FRANCOS Y ESTEBANVELA

Cuando se produjo el levantamiento del Sistema Central, durante la orogenia Alpina (Paleógeno-Neógeno), los macizos rocosos recién elevados de la Sierra comenzaron a ser erosionados por los agentes externos, y los materiales erosionados fueron transportados por torrentes hacia las partes bajas, siendo depositados en la cuenca del Duero.

En el extremo oriental de la Provincia, el levantamiento de los últimos bloques de la Sierra de Ayllón condujo a la erosión inmediata de los materiales cretácicos y triásicos (calizas, arenas y areniscas), para posteriormente afectar a las pizarras y cuarcitas infrayacentes. Grandes torrentes emergían desde las gargantas de la Sierra hacia el NNO, y depositaban sus arrastres al pie de los relieves, allí donde se producía disminución de su pendiente y/o ensanchamiento de los valles. El depósito adoptaba en planta una forma característicamente de sector circular, como un abanico abierto, y estaba constituido por aluviones (materiales arrastrados por ríos y torrentes). Por este motivo, a los ambientes sedimentarios que tienen estas características se les denomina abanicos aluviales.

Los materiales en el abanico aluvial al que nos referimos no se distribuían de forma aleatoria, sino condicionados por el comportamiento físico de los derrubios transportados por dichos torrentes: cerca del pie de la Sierra quedaban los fragmentos de roca más grandes (bloques, cantos y gravas), puesto que los torrentes no podían transportarlos más lejos, debido a su elevado peso; un poco más lejos podía ser transportada la fracción arenosa de los derrubios; y aún más lejos los limos y arcillas, que al ser más finos y ligeros fueron llevados a las zonas más distantes de los relieves montañosos. Así se produjo una gradación en los tamaños de los materiales desde el pie de la Sierra, donde se acumularon bloques y cantos, hasta las zonas más distales, donde se sedimentaron limos y arcillas, con todas las situaciones intermedias de tránsito y mezcla.

Cuando estos sedimentos se consolidaron, como consecuencia del peso de otros sedimentos que tenían sobre ellos, y se cementaron por la acción de las aguas bicarbonatadas procedentes de las calizas de sus cantos, pasaron a formar rocas compactas: los bloques, cantos y gravas formaron conglomerados calcáreos; las arenas formaron areniscas de tonos pardos; y los limos y arcillas, unas rocas llamadas lutitas, parecidas a arcillas secas y endurecidas.

Muy posteriormente, el río Aguijejo ha excavado su valle encajándose en todas estas rocas, permitiéndonos observar en sus laderas la transición, desde la Sierra hacia el Llano, de los conglomerados a las lutitas, pasando por las areniscas. Esta evolución tiene un recorrido de observación privilegiado siguiendo la carretera N-114 entre Grado del Pico y Aldealuenga de Santa María. Los conglomerados, con intercalaciones de areniscas, ocupan las laderas del valle del río Aguijejo entre Santibáñez

Figura 186. Cortes geológicos idealizados entre Grado del Pico y Languilla, en los que se representa la evolución del relieve hasta llegar a la configuración del paisaje actual: A) Sobre las pizarras y cuarcitas paleozoicas, se depositaron las areniscas triásicas, y las arenas y calizas cretácicas; B) La orogenia alpina produjo el plegamiento y desnivelación del conjunto; C) La erosión de los materiales mesozoicos plegados da lugar al relleno de la cuenca de Ayllón por conglomerados, areniscas y arcillas; D) El encajamiento reciente de ríos y arroyos forma valles y vaguadas que conforman el relieve actual, en el que la toponimia es claro reflejo de la configuración geomorfológica.

campiñas

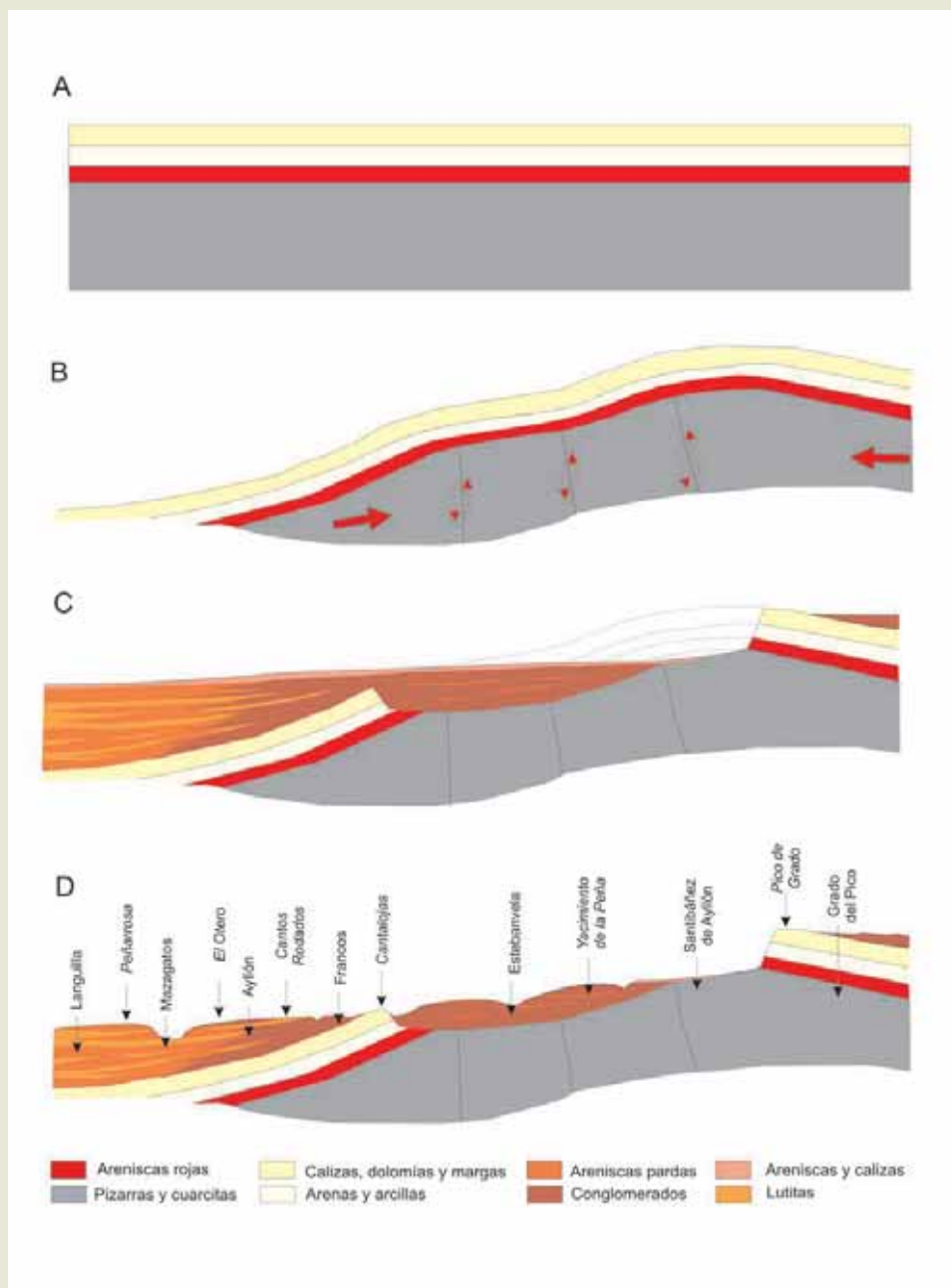


Figura 187. La formación de los relieves montserratianos de las inmediaciones de Francos en diferentes fases evolutivas: A) El relleno de conglomerados y arenas, cuya transición se produce de forma brusca, está afectado por dos redes de diaclasas (grietas) oblicuas; B) Los arroyos y regueros empiezan a erosionar las rocas a favor de las diaclasas; C) Las arenas son más fáciles de erosionar, dejando al descubierto los conglomerados, más resistentes; D) Los conglomerados adoptan formas redondeadas y turrículares, limitadas por canales en donde se situaban las diaclasas; E) Aspecto actual de los relieves montserratianos al norte de Francos. (Foto: A. Carrera)

de Ayllón y Francos; en un abrigo entre estos bancos de conglomerados y areniscas se encuentra el yacimiento prehistórico de La Peña (Estebanvela). Las areniscas ocupan las laderas desde Francos a Ayllón, con intercalaciones de conglomerados cerca de Francos y bancos de lutitas en Ayllón; precisamente es en estos bancos donde se han excavado las populares bodegas de Ayllón, aprovechando la más fácil excavabilidad de las arcillas compactadas, y la mayor resistencia de las capas de areniscas, que sirven de techo a la bodega. Por último, las lutitas predominan desde Ayllón hasta Aldealuenga de Santa María, aunque aún con algunas intercalaciones de areniscas, que forman los replanos más resistentes en las laderas.

Allí donde afloran los conglomerados, sobre todo entre Francos y Estebanvela, aparecen unos relieves característicos por su erosión en las laderas del valle. Los bancos adoptan formas redondeadas convexas, donde las diaclasas (grietas) verticales y las intercalaciones subhorizontales de areniscas y lutitas (que forman abrigos y solapos) individualizan bloques paralelepípedicos a modo de torreones cilíndricos o hemisféricos. Este tipo de relieves es característico de las zonas con conglomerados, siendo su desarrollo espectacular en: sectores del Prepirineo oscense (Riglos, Agüero...), donde los torreones reciben el nombre de mallos; los valles en conglomerados triásicos de la Cordillera Ibérica, como el Barranco de la Hoz (Molina de Aragón, Guadalajara); o las inmediaciones del Monasterio de Montserrat (Barcelona). Precisamente de este último lugar procede uno de sus nombres más conocidos: relieves montserratianos.

La naturaleza calcárea de estos conglomerados, formados por calizas tanto en sus cantos como en el cemento que los aglutina, hace posible que sufran la acción cársica, no siendo extraño el que se produzcan formas del relieve, fundamentalmente exocársticas: dolinas o torcas, uvalas, lapiaces... Destaca la torca de Francos, desarrollada de forma repentina tras un episodio tormentoso en el año 1996 en el paraje de Matagente; el hueco, con forma subcilíndrica, tenía originalmente un diámetro de más de cinco metros por trece de profundidad; hoy en día se encuentra ensanchado y parcialmente relleno por desplomes de las paredes.

Para saber más: Benito (1986).

E



campiñas



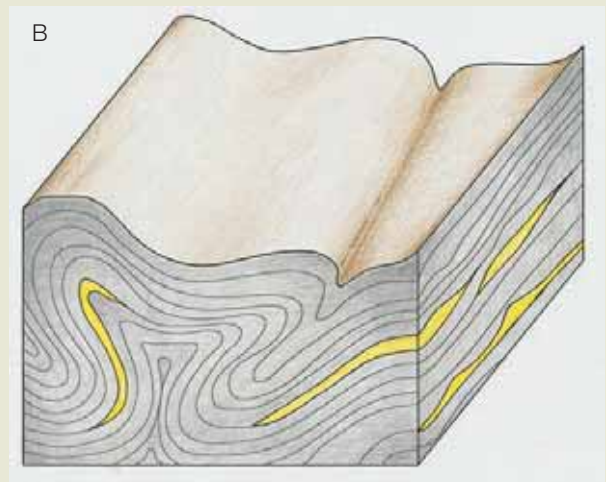
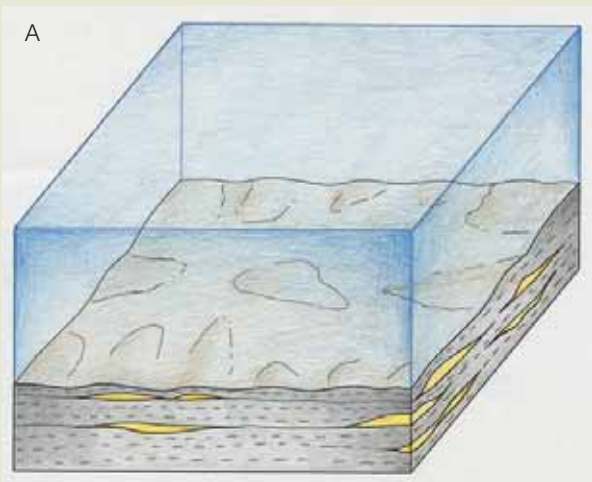
DISCORDANCIA DE SANTIBÁÑEZ DE AYLLÓN

En la ladera situada en la margen derecha del valle del río Aguijejo, inmediatamente aguas arriba del casco urbano de Santibáñez de Ayllón, cerca del cementerio, se encuentra un afloramiento rocoso en el que se puede observar de forma privilegiada una disposición singular de las rocas: se trata de la discordancia angular de Santibáñez, inmortalizada desde que apareciera fotografiada en el libro "Estratigrafía" (página 480), manual universitario clásico publicado en 1977 por la profesora Inmaculada Corrales y sus colaboradores.

Las discordancias angulares son uno de los distintos tipos de discontinuidades que se reconocen en las secuencias de sedimentación de las rocas; esto es, un tipo de momento o lugar en los que se ha interrumpido la deposición de materiales. Más en concreto, para que se forme una discordancia angular debe producirse la siguiente secuencia de fenómenos y en este orden:

- Se deposita un primer conjunto de materiales, con una disposición horizontal.
- Cesa el depósito y los materiales anteriormente sedimentados comienzan a plegarse y/o fallarse, inclinándose respecto a la horizontal.
- Se deposita un segundo conjunto de materiales, de nuevo horizontales, sobre el conjunto anterior plegado y/o fallado.

Así pues, en una discordancia angular se pueden reconocer dos conjuntos de rocas: uno inferior inclinado, plegado y/o fallado; y uno superior, en principio horizontal. La separación entre ambos conjuntos se denomina superficie de discordancia (o nivel de discordancia, visto en un corte bidimensional), y puede adquirir diferentes



campiñas

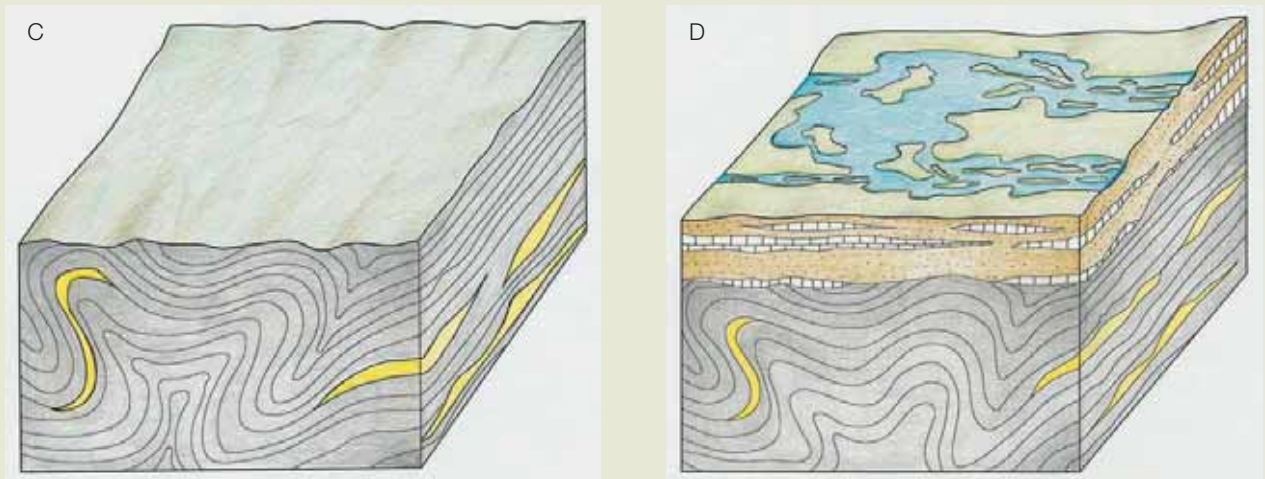
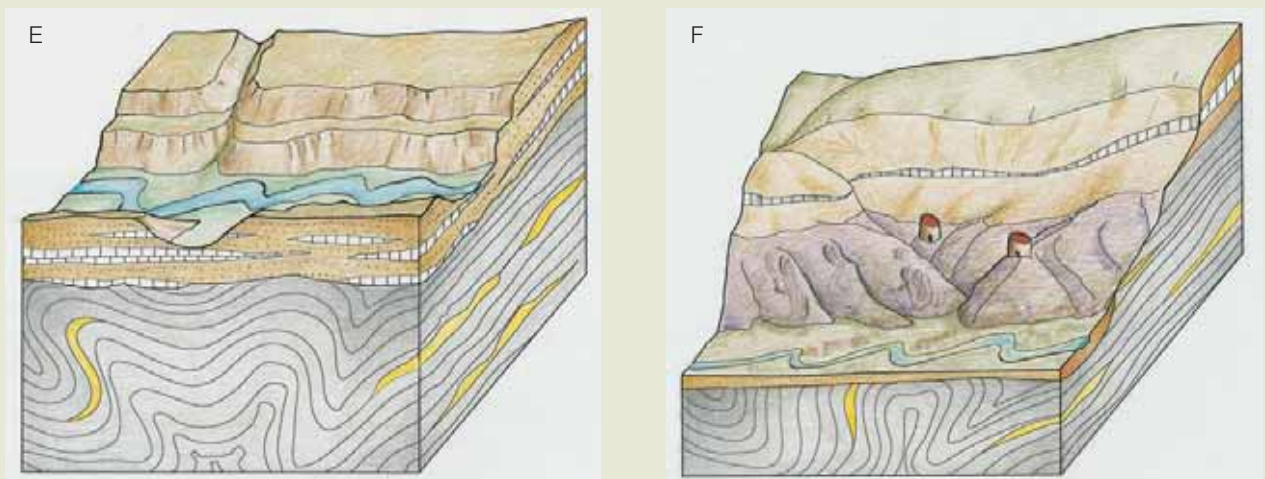


Figura 188. Secuencia de formación de la discordancia de Santibáñez de Ayllón: A) En el fondo del océano paleozoico se depositaron capas de arcillas negras y arenas; B) Durante la orogenia Hercínica o Varisca se produjo el plegamiento y metamorfismo de estos depósitos, transformándose en pizarras y cuarcitas, respectivamente; C) Por espacio de varias decenas de millones de años, se produjo la erosión y arrasamiento de los relieves; D) Durante el Mioceno, sobre la llanura se depositaron arcillas, arenas y calizas en ríos y zonas pantanosas; E) En el Cuaternario, el río Aguijejo formó su valle, encajándose en los anteriores conjuntos; F) En la ladera derecha del valle del Aguijejo, han quedado al descubierto los depósitos miocenos horizontales, discordantes sobre las pizarras y cuarcitas paleozoicas plegadas.



formas, desde adaptarse a la inclinación del conjunto inferior, hasta ser completamente horizontal como consecuencia de la erosión después del plegamiento. El calificativo de angular se refiere precisamente al ángulo que forman las capas de un conjunto respecto a las del otro; normalmente los estratos del inferior están más inclinados que los del superior, habitualmente horizontales.

La discordancia angular de Santibáñez de Ayllón tiene como conjunto inferior una sucesión de pizarras negras con intercalaciones de cuarcitas, que fueron depositadas como arcillas oscuras y arenas en el fondo de un océano austral durante el Silúrico inferior (hace unos 430 millones de años). Posteriormente fueron compactadas, metamorizadas y plegadas durante la orogenia Hercínica (hace unos 380 millones de años). Por este motivo actualmente se ven esos llamativos pliegues en las pizarras negras, en los cuales los regueros han formado pequeños barrancos con curvas entre las capas con diferente resistencia a la erosión, que los chavales del pueblo utilizaban como toboganes (y que ellos denominaban 'los canales').

Desde la finalización de esa orogenia, los relieves plegados en las pizarras y cuarcitas fueron erosionados por espacio de 150 millones de años, hasta el periodo Triásico. Durante el Triásico, Jurásico y Cretácico, se depositaron materiales sobre las pizarras de manera discordante, pero también fueron erosionados tras el levantamiento de la Sierra. Finalmente, en el Mioceno, anchos ríos entrelazados con zonas



campiñas

pantanosas depositaron arenas rojizas, arcillas pardas y bancos de calizas blancas, que aún podemos observar dispuestas horizontalmente sobre las pizarras, formando el conjunto superior de la discordancia.

La superficie de discordancia, vista como un nivel en el afloramiento del cementerio de Santibáñez de Ayllón, es prácticamente horizontal, muy neta y perfectamente reconocible por el fuerte contraste cromático entre las pizarras negras inferiores y las arenas y calizas claras de la parte superior. Entre las edades de formación del conjunto inferior y el superior media la friolera de ¡unos 425 millones de años!

Existen muchas otras discordancias angulares en nuestra Provincia, así como excelentes afloramientos de otros tipos de discontinuidades. Por su amplia representación en diferentes lugares de Segovia, destacan dos discordancias: la formada entre las rocas metamórficas (gneises, pizarras...) o ígneas (granitos) de la Sierra, y las arenas y arcillas fluviales del Cretácico superior; y la discordancia entre las calizas y dolomías cretácicas y los conjuntos cenozoicos (conglomerados, arenas y arcillas) suprayacentes. Cada una de ellas se asocia a los efectos de una importante orogénesis que ha afectado al centro peninsular: la Hercínica en el primer caso, y la Alpina en el segundo.

Para saber más: Corrales *et al.* (1977); Meléndez y Fúster (1969).



Figura 189. Panorámica de la ladera del valle del Agujejo en las proximidades del cementerio de Santibáñez de Ayllón, donde se observa con nitidez la discordancia entre las capas horizontales superiores, y las rocas plegadas oscuras inferiores. (Foto: A. Carrera)

llanos



Los sustratos más arcillosos dentro del relleno sedimentario de la cuenca del Duero condicionan un nuevo tipo de unidad paisajística: lo que aquí hemos denominado Llanos. En efecto, la topografía de estos paisajes es extremadamente plana. Son espacios abiertos y monótonos, casi exclusivamente ocupados por tierras de cultivo, de secano y de regadío. En el primer caso, más productivas que las de las campiñas (zonas de Escarabajosa, Garcillán...). Otro rasgo que caracteriza esta unidad es la presencia de zonas encharcadas, debido a la existencia de un sustrato bastante impermeable y a la topografía tan plana, donde el drenaje es más deficiente.

El uso tradicional y frecuente de la bicicleta por parte de la población local de estos paisajes ilustra lo exageradamente plano del relieve. Y es que el esfuerzo del pedaleo en esta unidad es prácticamente igual con independencia de la dirección que se escoja, con la excepción de la inmediatez de los ríos principales.

En el extremo noroccidental de la provincia, en las proximidades de Fuente de Santa Cruz y Fuente El Olmo de Iscar, el sustrato de esta unidad está compuesto por margas, arcillas y yesos, característico de las cuevas que subyacen a los páramos (llanos sobre margas y arcillas).

GARCILLÁN EN UN LLANO, RODRIGO CON UNA LAGUNA

Camilo José Cela, en su libro “Judíos, moros y cristianos”, ya se hacía eco de la extraordinaria planicie en la que se sitúa la villa de Garcillán. Así lo recoge cuando afirma: “...el del liso y ventilado Garcillán, el pueblo que bebe las aguas de la fuente de la Recoba...” (en realidad, fuente de la Recorva).

Efectivamente, Garcillán se sitúa en una amplia planicie que forma parte de lo que se ha denominado ‘sistema *glacis*-llanura Abades-Garcillán’ (Fernández, 1988), en el interfluvio de los ríos Eresma y Moros. Un *glacis* es una ladera o vertiente muy poco inclinada, con pendiente suave, casi imperceptible.

Desde una zona ligeramente más elevada (alrededor de cota 1000-1050 m) situada al sur, y constituida por las denominadas superficies culminante y de sustitución (donde se sitúan Fuentemilanos y el Castro Pico), una suave vertiente va descendi-

diendo progresivamente hacia el norte (entre 980 y 940 m), a modo de *glacis* con un perfil ligeramente convexo, con pendiente media del 1,3 %; sobre esta zona se sitúa la localidad de Abades (971 m). Este *glacis* está disectado por el incipiente encajamiento de pequeños arroyos estacionales (Martín Miguel, Alamillo o de las Viñas...) que forman barrancos y vaguadas de fondo plano, con ligeros recubrimientos aluviales-coluviales de arenas arcillosas y cantos dispersos.

Al final de la vertiente se sitúa una amplia planicie a cotas entre 940 y 900 m, con zonas de encharcamiento estacional (charcas) y pequeños cerros que constituyen los

restos y retazos de las terrazas altas del Eresma y Moros. En esta llanura se sitúan Garcillán (918 m), Martín Miguel (919 m) y Valverde del Majano (924 m). Entre las zonas encharcadas, hoy prácticamente desecadas como consecuencia del descenso del nivel freático por la explotación de aguas subterráneas para agricultura de regadío, destacaba la charca de Garcillán, que llegó a tener notable extensión, y que dio origen al apodo-gentilicio de los habitantes de esta villa: cesteros, al dedicarse algunos de ellos a la fabricación de cestería y sillería utilizando las espadañas y ‘gardaveras’ (‘vergueras’ o brotes de sauce) que crecían en sus márgenes.

La exigua pendiente de estas zonas (0,7 %) hace que el drenaje superficial de las aguas de lluvia sea compleja, habiéndose construido tradicionalmente, desde tiempos remotos, unos pequeños cauces, ligeramente encajados en la llanura, denominados localmente caces o caceras. Históricamente han presentado eventos de avenidas relámpago asociadas a fenómenos tormentosos convectivos estivales, que han causado daños en los campos de cultivo y las poblaciones que atraviesan; sirvan como ejemplo las inundaciones de Valverde del Majano (1997), Martín Miguel (1998),

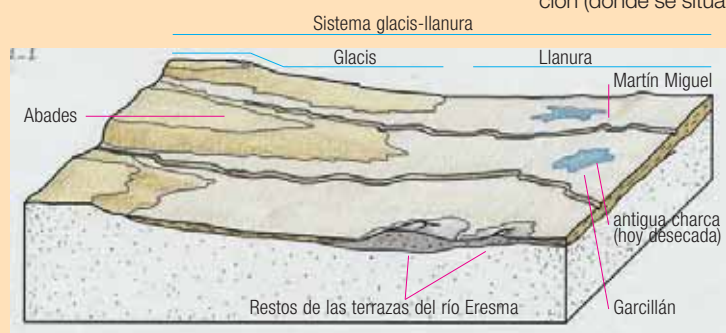


Figura 190. La aparente planicie del término municipal de Garcillán, observada en detalle, permite ver pequeños elementos del relieve que forman parte del sistema *glacis*-llanura y de los restos de las terrazas del río Eresma. (Basado en la Figura 4-2, Fernández 1988, página 165)

Figura 191. (en la otra página). La laguna, que da nombre a la localidad de Laguna Rodrigo, corresponde a una zona de encharcamiento final de la llanura de Jemenuño, que se ha mantenido a pesar de los intentos de desecación por parte del hombre. (Foto: Justino Diez)

llanos



entre las más recientes. Las intervenciones humanas de relleno de estos caces, entubado, cambio de trazado (en ocasiones asociadas a la concentración parcelaria), han producido profundas transformaciones de la red de drenaje natural.

Salpicando la llanura se sitúan suaves y pequeñas lomas (Cerro Quemao, Cuesta la Casa...), a modo de relieves residuales, formadas por gravas (Los Calaborros y Los Guijarejos de Garcillán), y cantos y arenas arcósicas (Los Arenales de Martín Miguel) de los retazos de las terrazas altas-medias de la margen izquierda del río Eresma o, en menor medida, de la margen derecha del río Moros. Eran ocupados por los cultivos menos exigentes, normalmente viñas, o utilizados como fuente de cantos para materiales de construcción.

Otros sistemas *glacis*-llanura, semejantes al Abades-Garcillán, son los de: Marugán, en el interfluvio entre los ríos Moros y Zorita; y Llanura de Jemenuño, entre los ríos Zorita y Voltoya. Precisamente asociada a la llanura de este último sistema se localiza una zona de encharcamiento de carácter cuasi-permanente de notable extensión: La Laguna de Rodrigo, que da el nombre a la localidad que se sitúa en su margen (Laguna Rodrigo).

La laguna de Laguna Rodrigo es la más importante por su extensión (que en tiempos llegó a ocupar unas 35-40 ha), a pesar de que fue desecada artificialmente mediante obras de drenaje llevadas a cabo en la década de 1960, siguiendo las nefastas políticas de destrucción de humedales, justificadas por ser hipotéticas fuentes de insalubridad e infecciones, y para hacer un aprovechamiento agro-forestal de estos espacios. Afortunadamente, tras permanecer seca durante tres décadas, y tras varios intentos de regeneración llevados a cabo por el antiguo ICONA y la Asociación Duratón durante los años 80, la laguna ha recuperado una lámina de agua estable y permanente, al menos durante el invierno y la primavera.

Las otras zonas encharcadas, donde quedaban atrapados los animales, recibían el nombre de trampales, siendo frecuentes los volcanes de barro o 'salzas', pequeñas erupciones cónicas de arcillas y limos que se licuaban a pequeña profundidad por su alto contenido en agua y tensiones externas (pisoteo, cargas, etc.). En el lecho de estas zonas encharcadas suele producirse una acumulación de arcillas de decantación que dificultan la infiltración; además tienen limos de color blanco ceniza y aspecto pulverulento, con concentración de eflorescencias salinas por evaporación. Este es el motivo por el que fracasó la plantación de chopos que se ubicó en el espacio desecado de la laguna de Laguna Rodrigo, y de los otros cultivos que posteriormente se intentaron implantar.

También destacan en esta llanura las otras charcas de Laguna Rodrigo (La Lagunilla, La Pradera, El Berrueco...) y las de Etreros, Cobos de Segovia (Carehuela), Muñopedro (Acedos), Santovenia y Villoslada (Ángel y Mingo Orcón).

Para saber más: Cela (1979); Fernández (1987).

llanos

CHARCAS Y LAVAJOS EN LABAJOS

Las zonas encharcadas segovianas en ocasiones se relacionan con amplias superficies elevadas respecto al entorno circundante, donde el drenaje superficial se ve impedido por su escasa pendiente y por estar colgadas respecto a la red fluvial. Son las denominadas 'superficies culminante y de sustitución' (Fernández, 1987).

Estas llanuras elevadas, a modo de pequeñas mesetas, están relacionadas con el techo del relleno sedimentario de la cuenca del Duero, esto es, con las máximas alturas que llegaron a alcanzar los sedimentos. El sustrato suelen ser arenas arcósicas, frecuentemente con niveles cementados por carbonatos (caliches) y suelos rojos con cantos. Se localizan en los interfluvios de las principales corrientes, con los bordes recortados por la incisión de los arroyos que las circundan centrifugamente. Los valores de gradiente apenas llegan al 0,5%, descendiendo desde los 1100 m a los 970 m, con perfiles planos a ligeramente cóncavos; esta superficie enlaza morfológicamente con el piedemonte de la Sierra. Son zonas tan llanas, que han sido seleccionadas preferentemente para ubicar las pistas de aterrizaje de los aeródromos, como ocurre en Fuentemilanos o Campolara (Muñopedro), situados en parajes con topónimos Los Llanos y El Llano, respectivamente. En posición equivalente se sitúan los aeródromos del piedemonte de Somosierra-Ayllón: Las Navas (Corral de Ayllón), en el paraje de Los Llanos; y Santo Tomé del Puerto.

Las zonas húmedas son pequeñas hondonadas endorreicas en las superficies, en cuyo fondo se sitúan pequeñas lagunas estacionales a cuasi-permanentes o áreas encharcables con suelos de característicos tonos oscuros gris-verdosos a blanco ceniza. Buenos ejemplos de las zonas encharcadas en estas superficies son: la laguna de El Campillo en Fuentemilanos; y los lavajos de Labajos (Charco Muñico), Muñopedro (El Labajillo, charca de San Antón, Los Charquillos, laguna del Llano...) y Bercial (charca del Llano). El nombre de lavajos para las zonas encharcadas procede de que eran utilizadas como lavaderos (del latín *lavaculum*) por las gentes de las localidades cercanas.

Para saber más: Fernández (1987).

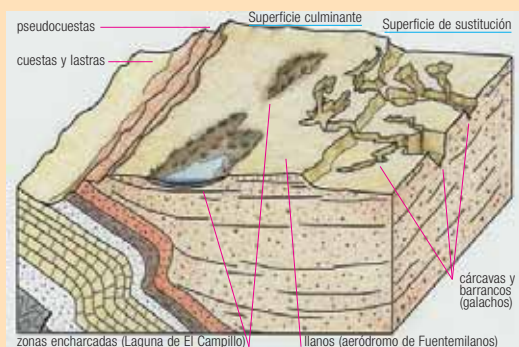


Figura 192. Las zonas más elevadas de las campiñas próximas al piedemonte tienen diferentes elementos del relieve característicos, tanto sobre la superficie culminante como sobre la superficie de sustitución. (Basada en Fernández 1987, pág. 148)



Figura 193. La superficie culminante de las campiñas, por su escaso relieve, presenta en los interfluvios abundantes ejemplos de charcas y lagunas, situadas en zonas endorreicas alejadas de las principales corrientes fluviales. (Foto: A. Díez)

páramos



El diferente comportamiento ante la erosión de las rocas sedimentarias del centro de la Cuenca del Duero, en el norte de la provincia de Segovia, es responsable del desarrollo de un dominio paisajístico claro: los Páramos. Los estratos culminantes de esta serie sedimentaria son unas calizas de color gris blanquecino, a veces tableadas y a veces masivas, que son más resistentes a la erosión que las margas, arcillas y yesos sobre las que se apoyan. Sucede que en condiciones de escasa humedad para la meteorización química (carstificación), estos estratos de rocas carbonáticas, que en climas más húmedos se disuelven fácilmente (dando una topografía cárstica característica, caracterizada por unas depresiones denominadas dolinas), aparecen aquí formando relieves tabulares destacados (mesas y mesetas).

El río Duratón y sus afluentes en la zona de Fuentidueña-Sacramenia, el arroyo del Henar en las proximidades de Cuéllar, el arroyo Cerquilla entre Fuentepiñel y Cuéllar, y el río Cega a partir de Cuéllar, constituyen los cursos fluviales que interrumpen o delimitan estos páramos calcáreos. Forman valles amplios, de fondo plano y vertientes tendidas, en cuyas laderas aparecen margas, arcillas y yesos. Estas laderas de los bordes de los páramos calcáreos forman otro 'tipo de terreno': las cuestas de los páramos.

A medida que la erosión de ríos y arroyos ha progresado hacia el interior de la meseta, ciertas porciones de ésta han quedado separadas, formando cerros aislados de culminación plana. Constituyen lo que se denomina 'cerros testigo', ya que su culminación sirve como 'testigo' para reconstruir la superficie original de los Páramos. Por su configuración también se denominan mesas. Buenos ejemplos de este tipo de relieves aparecen en el entorno de Fuentidueña y Sacramenia.

Los Páramos (literalmente "terreno yermo, raso y desabrigado"), se caracterizan por la dureza de sus condiciones ambientales, y la práctica inexistencia de árboles. En todo caso, y a diferencia de las lastras (de sustrato calizo también), los Páramos han permitido un aprovechamiento tradicional de labor intensiva de secano.

CUANDO CUÉLLAR ERA UN LAGO PANTANOSO



Figura 194. Los taludes de las antiguas yeseras de Cuéllar nos permiten ver la sucesión de margas gris-verdosas (parte inferior) y niveles ricos en yeso (parte superior), formados ambos en zonas lacustres y palustres durante el Mioceno superior. (Foto: A. Díez)

Hace unos cinco millones de años, al final del periodo geológico conocido como Mioceno (era Cenozoica), el actual emplazamiento de la Villa de Cuéllar estaba ocupado por una zona pantanosa salpicada de lagos poco profundos. Efectivamente, las rocas que afloran en las inmediaciones de Cuéllar, a través de su estudio detallado, nos permiten reconstruir los antiguos paisajes del centro de la Cuenca del Duero.

Las tierras de tonos gris-verdosos que se encuentran en la base de las laderas de los páramos, denominadas 'Facies Cuestas', están formadas por margas calcáreas con niveles de arcillas verdes y yesos. Observando en detalle los bancos, que suman casi 70 m de espesor, pueden reconocerse antiguas grietas de desecación (como las que se observan en los charcos hoy en día), huellas de raíces y costras de carbonatos; además se pueden encontrar fósiles de ostrácodos, gasterópodos y caráceas, todos ellos organismos típicos de zonas continentales lacustres actuales. Con estas pistas, se ha interpretado que estas rocas se formaron en un lago somero evaporítico, con llanuras fangosas en las márgenes, a las que llegaban aportes de pequeños regueros y arroyos. Los yesos de estas laderas, que aparecen en bancos de uno a tres metros de espesor, conocidos localmente como 'aljez (algez) o espejuelo', han sido objeto de explotación desde tiempos ancestrales para la fabricación de yeso anhidro, empleado en la construcción. Se trata de dos tipos de yeso: microcristales lenticulares (menores de 2 mm), y macrocristales tabulares y lenticulares, que forman maclas en cola de golondrina (punta de flecha) y agregados del tipo 'rosas del desierto'.

Encima de las Facies Cuestas, sirviendo de techo a los páramos, se sitúan unos bancos de rocas blanquecino-grisáceas conocidas genéricamente como 'Calizas de los Páramos'; su espesor máximo es de 12 m, disminuyendo hacia el oeste, hasta desaparecer. Su contenido fosilífero está formado por gasterópodos (géneros *Valvata*, *Hydrobia*, *Bithynia*, *Lymnaea*...), caráceas (talos y girogonitos), ostrácodos y estructuras de algas filamentosas. Se depositaron en medios lacustres carbonáticos someros-centrales y marginales, con escaso aporte de terrígenos; el lecho de los lagos tenía escasa pendiente, pasando en las orillas a zonas palustres, siempre con climas de estación contrastada. Las Calizas de los Páramos también han sido objeto tradicional de explotaciones de cantería para materiales de construcción (sillares, sillarejos y mampostería) y la fabricación de cal. Con estas calizas se han construido buena parte de los edificios de Cuéllar, incluidos los muros del castillo y elementos de las iglesias mudéjares; son semejantes a las explotadas en la vecina localidad vallisoletana de Campaspero.

Figura 195. Vista aérea del borde de los páramos, donde se aprecian las dos grandes unidades paisajísticas: la superficie de los páramos calcáreos (de culminación plana) y las cuestas margoyesíferas (vertientes rectilíneas ligeramente convexas) en Cuéllar. (Foto: Justino Díez)

páramos





Figura 196. Vista aérea del borde de los páramos, donde se aprecian las dos grandes unidades paisajísticas: la superficie de los páramos calcáreos (de culminación plana) y las cuevas margo-yesíferas (vertientes rectilíneas ligeramente convexas) en Sacramenia. (Foto: A. Carrera)

páramos

Ambos conjuntos rocosos, Facies Cuestas y Calizas de los Páramos, eran antiguamente asignados temporalmente a los pisos Vindoboniense y Pontiense, por lo que también recibían el nombre de 'margas vindobonienses' y 'calizas pontienses', respectivamente. Hoy en día no se utilizan esas divisiones del tiempo geológico, siendo más correcto atribuir su formación a los pisos marinos Tortoniense y Messiniense, o sus equivalentes continentales Aragoniense, Vallesiense y Turolense (11 a 5,3 millones de años antes del presente).

Estas rocas afloran a lo largo de toda la banda de contacto de los páramos con otras unidades fisiográficas del sector septentrional de la Provincia, como la Tierra de Pinares (Mata de Cuéllar, Vallelado, San Cristóbal de Cuéllar, Cuéllar, Dehesa, Lovingos, Fuentes de Cuéllar, Moraleja de Cuéllar, Frumales, Olombrada, Perosillo, Hontalbilla, Adrados, Vegafría, Cozuelos de Fuentidueña, Fuentepiñel, Torrecilla del Pinar, Fuente el Olmo de Fuentidueña...), la Serrezuela de Pradales (Aldeanueva de la Serrezuela, Aldehorno, Honrubia, Pradales...) y la Campiña Nororiental (Maderuelo, Aldealuenga de Santa María y Languilla). Asimismo, pueden reconocerse en las laderas de los valles de los principales ríos que se han encajado en los páramos, como el Duratón (Fuentidueña, Calabazas, Fuentesoto, Bembibre de la Hoz, Fuentesauco de Fuentidueña, Aldeasoña, Laguna de Contreras; Valtiendas, Sacramenia...), Botijas (Cuevas de Provanco) y Riaza (Montejo de la Vega de la Serrezuela).

Los páramos forman un conjunto de superficies ligeramente basculadas, sólo surcadas por los valles de pequeños arroyos y barrancos, que forman pequeñas hoces u 'hocinos'. Sobre la superficie se localizan formas exocársticas, como lapiaces o lenares, 'piedras calavera', y rellenos de depresiones con arcillas de decalcificación (*terra rosa*) de colores pardo-rojizos.

Para saber más: Armenteros (1978); Armenteros (1985); Armenteros (1986); Armenteros (1991a); Armenteros (1991b); Armenteros y Alonso (1984); Armenteros *et al.* (1982); Armenteros *et al.* (1986); Armenteros *et al.* (1990); Armenteros *et al.* (1992); Armenteros *et al.* (1995); García del Cura (1974); García del Cura (1975); García del Cura y Ordóñez (1975); García del Cura y Ordóñez (1982).

EL MANANTIAL DE EL SALIDERO

En las inmediaciones de la Villa de Fuentidueña, cerca de la base de la ladera izquierda del valle del río Duratón, y aguas abajo de dicha localidad, se localiza uno de los manantiales más caudalosos de la provincia de Segovia: El Salidero.

Tal es el caudal que mana desde varios surtidores naturales, que en apenas unos metros llega a constituir un auténtico río que, unos metros más adelante, tributa al río Duratón por su margen izquierda. Sus aguas han sido tradicionalmente objeto de aprovechamiento, tanto para abastecimiento humano y abrevadero animal, como para mover molinos hidráulicos y, más recientemente, para surtir a una piscifactoría. Hace unos años se ha establecido una controvertida toma para abastecimiento urbano de la comarca de La Churrería, que deriva parte del agua del manantial hacia varios pueblos de las provincias de Segovia y Valladolid.

El origen de este importante manantial se relaciona con la zona de descarga de un gran acuífero subterráneo de tipo cárstico, constituido por rocas carbonáticas cretácicas. Estas rocas, fundamentalmente calizas, dolomías y margas, afloran en el entorno de Fuentidueña en amplias lastras, donde se infiltra el agua de lluvia aprovechando las fisuras (diaclasas) y oquedades. Además, los arroyos que circulan por los valles de las lastras, e incluso parte del caudal del río Duratón, se infiltran a su paso por este tipo de rocas. De forma adicional, las rocas suprayacentes de las cuevas y páramos del Duratón (margas y calizas), también actúan como 'coladores' que filtran el agua de lluvia, recargando el acuífero cárstico.

El agua infiltrada va cargada de dióxido de carbono (o anhídrido carbónico, CO_2), que han captado las gotas de lluvia en su caída por la atmósfera y sobre todo al atravesar el suelo, donde se descompone la materia orgánica de restos vegetales y animales. Al cargarse de CO_2 , el agua adquiere un ligero carácter ácido, siendo capaz de atacar la roca calcárea y disolverla, aumentando progresivamente el tamaño de las fisuras, hasta dar lugar a conductos que conocemos como cuevas. El agua circula descendientemente por estos conductos aprovechando la fuerza de la gravedad, hasta alcanzar una zona subterránea donde todos los huecos de la roca (fisuras y conductos) están llenos de agua; estamos en la zona freática, que más que un gran lago subterráneo, como algunos equivocadamente piensan que es, se asemeja a una inmensa esponja cuyos huecos están llenos de agua.

Si por cualquier circunstancia tenemos acceso a esta zona, podemos sacar el agua de esos huecos. De forma artificial se accede a ella mediante los pozos y sondeos; la naturaleza nos permite acceder a ella cuando el valle de un río ha profundizado mucho, como ocurre con el cañón del río Duratón en las proximidades de Fuentidueña, que ha cortado la zona freática del acuífero, posibilitando la salida del agua allí almacenada.

Como el agua, en su discurrir por el subsuelo del macizo rocoso hasta alcanzar

Figura 197. Las aguas del manantial de El Salidero en Fuentidueña afloran a la temperatura media anual de lugar (en torno a los 10° C), por lo que los fríos días de invierno producen nieblas de evaporación, que crean un ambiente mágico en torno a la surgencia. (Foto: A. Díez)

páramos



el acuífero ha ido atravesando y diluyendo la roca, se carga de los minerales que forman ésta (carbonatos de calcio y/o magnesio), por lo que las aguas de los acuíferos cársticos suelen ser de naturaleza bicarbonatada cálcica y/o magnésica; son las conocidas popularmente como 'aguas duras', que hacen espuma con dificultad cuando se lava con jabón, y que tienen un peculiar regusto al paladar. En contadas ocasiones, además arrastran restos de otros minerales, como sulfuros y sulfatos, adquiriendo característicos olores a huevos podridos (al liberar ácido sulfhídrico), como ocurre en la Fuente Salada (La Losa-Madrona); o coloraciones pardo-rojizas (aguas cárdenas), al oxidarse al llegar a superficie el hierro que arrastra el agua.

El Salidero no es ni mucho menos el único ejemplo de manantial surgente de un acuífero cárstico en la provincia de Segovia; este tipo de fuentes naturales reciben en Segovia el nombre de 'criazón'. Existen muchos otros de alto interés, tanto por su caudal como por sus implicaciones minero-medicinales, artísticas, etnográficas e incluso religiosas; destacamos las fuentes de: La Salud (Sepúlveda), Santa (Caballar), Fuencisla (Segovia), Aguijejo (Grado del Pico), Covatillas (Torreiglesias), Salada (La Losa-Madrona), La Fragua (Prádena), El Viejo (Castroserna de Abajo)...

Para saber más: Ballester *et al.* (1983).

JIRAFAS EN LOS VALLES DE FUENTIDUEÑA Y TORTUGAS GIGANTES EN COCA

En las proximidades de Fuentidueña, cerca del núcleo de Los Valles, un pequeño arroyo ha excavado un barranco en las mesetas de los páramos calcáreos, poniendo al descubierto una serie de capas subhorizontales de calizas, areniscas, conglomerados y margas.

Su contenido fósil ha dado renombre internacional a este lugar (conocido como Los Valles de Fuentidueña), ya que se han encontrado restos de más de medio centenar de géneros de diversos grupos de vertebrados: peces, anfibios, reptiles escamosos, quelonios, micromamíferos (roedores y lagomorfos), carnívoros, artiodáctilos (cérvidos, suidos...), perisodáctilos (équidos, rinocerótidos...), proboscídeos, etc.; además de abundantes invertebrados, entre los que destacan los gasterópodos lacustres (*Melanopsis*) y ostrácodos, y caráceas. El yacimiento fue descubierto por el eminente naturalista Celso Arévalo en la década de 1940 y, tras dos décadas de extracciones esporádicas, excavado sistemáticamente y estudiado en la década de 1970 por un equipo multidisciplinar dirigido por la Dra. M^a Teresa Alberdi.

Entre los macrovertebrados destaca la presencia del género *Hipparion*, équido pastador de reducido tamaño (como una cebrá actual), con tres pezuñas en cada pata (aunque los dedos laterales están reducidos), procedente de América (pasó a Eurasia y luego a África a través del estrecho de Bering), continente donde posteriormente se extinguió. Los jiráfidos han sido objeto de atención de ilustres paleontólogos, como M. Crusafont y A. Almela, quien describió magníficos ejemplares fósiles de una poderosa jirafa miocena. Entre los carnívoros destacan los tigres dientes de sable (*Machairodus*), cánidos primitivos entre osos y lobos (*Amphicyon*), hiénidos (*Proctitherium crassum*), y félidos parecidos a las panteras actuales (*Pseudaelurus quadridentatus*).

A partir de esta asociación de fauna fósil, y por comparación con otros yacimientos semejantes con dataciones absolutas o mejor estudiados (Calatayud-Teruel), se ha establecido una edad Vallesiense inferior (Mioceno superior, hace unos 11,5 millones de años), periodo que no recibe el nombre de este yacimiento, sino de la comarca catalana de El Vallés, donde fue definido. Algunas especies y subespecies han sido descritas para la Ciencia con los restos de este yacimiento, como el *Aceratherium simorreense duratonense* (Alberdi, Ginsburg y Morales), un peculiar rinoceronte sin cuernos y grandes incisivos, dotado de extremidades cortas (parecido a un hipopótamo), y cuyo calificativo subespecífico hace referencia al río Duratón, próximo al yacimiento.

El paisaje en esta época era una amplia planicie salpicada por lagos someros y zonas palustres de márgenes fluctuantes estacionalmente, con arroyos entre ellos; el clima era subtropical templado de tipo sabana, con estaciones seca y húmeda alternantes.

Figura 198. Reconstrucción del paisaje del noroeste provincial durante el Mioceno superior, con zonas pantanosas donde habitan especies de grandes vertebrados (*Hipparion*, jirafas, rinocerontes, tigres dientes de sable...) y los relieves de La Serrezuela, desde donde parten ríos que desembocan en las lagunas y charcas.

páramos

En el lecho de las zonas encharcadas se depositaban arcillas, arenas y cantos que arrastraban hasta ellas los ríos, y fangos calcáreos formados por restos de algas y fragmentos de los caparzones de gasterópodos acuáticos. En concreto, el yacimiento se sitúa en los depósitos de un pequeño cono de deyección que formaba, en su desembocadura a una zona encharcada, un arroyo de aguas limpias y bicarbonatadas (de ahí la presencia de oncolitos) procedente de surgencias cársticas en el relieve alomado que constituía el macizo cretácico próximo (de dirección NNO-SSO). Los restos de los animales muertos en las márgenes del arroyo eran arrastrados por la corriente hasta las charcas, quedando desarticulados y revueltos entre los cantos, con una selección de los huesos por el tamaño; el arroyo tenía escasa longitud, ya que el transporte debió ser corto y rápido, pues la mayor parte de los huesos no presentan un desgaste acusado.

También en las inmediaciones de Coca y Villeguillo han aparecido diferentes fósiles de macrovertebrados, fundamentalmente tortugas, de edad Mioceno medio (Astaraciense- Aragoniense superior, hace 13,5 millones de años). En concreto, se trata de restos de quelonios (peto, espaldar, vértebras, huesos de miembros y cintura...) de gran tamaño (caparzones que sobrepasan un metro), pertenecientes a los géneros *Cheirogaster* y *Testudo*, y encontrados de forma casual por vecinos de estos pueblos en 1969, 1970, 1972 y 1988; además aparecieron restos de rinoceronte (*Dicerorhinus sanseniensis*) y suidos (*Listriodon splendens*). Todo este material se puede encontrar depositado en la Sala de las Tortugas de la Facultad de Ciencias (Universidad de Salamanca), creada por el afamado paleoqueloniólogo Emiliano Jiménez Fuentes. La reconstrucción ambiental de los paisajes asocia esta fauna a una zona de llanuras de sabana, con charcas efímeras y áreas con aguas limpias, en cuyos alrededores se desarrollaría una vegetación densa, bajo un clima de estaciones contrastadas (húmeda y seca).

Otro yacimiento de macro y microvertebrados, semejante al de Los Valles de Fuentidueña, se ha descrito en Montejo de la Vega de la Serrezuela.

Para saber más: Alberdi (Coord.) (1981); Almela *et al.* (1944); Cuesta *et al.* (1983); Jiménez (1971); Jiménez (1984); Jiménez (1992); Jiménez *et al.* (1988); Jiménez *et al.* (1989); Jiménez *et al.* (1993); Mazo *et al.* (1998); Meléndez *et al.* (1944); Morales (Coord.) (1993); Nozal y Montes (2004).



arenales



Las llanuras arenosas de la provincia de Segovia constituyen una singularidad geomorfológica dentro de la Península. Si bien pueden encontrarse formaciones geológicas y paisajes similares en otras regiones ibéricas, no es muy común que ocupen una superficie tan extensa como en esta comarca situada al sur del Duero, entre las provincias de Segovia, Ávila y Valladolid. En Segovia, estas llanuras arenosas dominan dos grandes sectores: el interfluvio Duratón-Cega, en el centro de la provincia, y formando una amplia llanura entre los ríos Cega, Pirón, Eresma y Voltoya, en el noroeste. El sustrato de este dominio corresponde a mantos arenosos, con espesor variable entre unos decímetros y varias decenas de metros, en cuyo caso son explotadas desde un punto de vista mineral. Las repercusiones hidrogeológicas de este importante recubrimiento sedimentario son también destacadas. Por un lado sirven de 'recarga' a acuíferos más profundos, y por otro da origen a manantiales muy caudalosos, en las zonas de contacto con formaciones geológicas infrayacentes.

La singularidad geomorfológica de esta amplia llanura se encuentra en sus elementos de detalle: formas dunares inmóviles (o 'fósiles') de diversa tipología, y lagunas de alto valor ecológico que ocupan depresiones y zonas interdunares.

El control geológico en el desarrollo de este paisaje es elevado, de manera que la característica más destacada de estos arenales es la masa forestal de pino resinero (y en mucha menor medida de pino piñonero) que los recubre, otorgando al conjunto carácter de comarca: la denominada Tierra de Pinares. Dentro de este dominio arenoso, allí donde los suelos son un poco más arcillosos, y permiten por tanto cierta retención de humedad y nutrientes, aparecen zonas de cultivo.

LAGUNAS SALPICANDO UN MAR DE PINARES

Entre los variados y dispersos conjuntos de lagunas y bodones que se localizan en la Tierra de Pinares segoviana, destacan por su extensión y permanencia los situados dentro de los actuales términos municipales de Cantalejo, Lastras de Cuéllar y Coca-Villeguillo.

El sistema lagunar de Cantalejo está compuesto por un número variable de áreas encharcadas, según el momento de inventario y autor considerado, puesto que su carácter estacional y alta variabilidad interanual condicionan su aparición y desaparición en el tiempo y el espacio. Se trata de zonas endorreicas (las aguas del entorno afluyen hacia ellas) de pequeña extensión (inferior a tres hectáreas), en el interfluvio llano entre los ríos Cega y Duratón, con láminas de agua poco profundas (de uno a tres metros). Al menos seis de estas lagunas tienen un carácter cuasi-permanente: Navalayegua, Navaelsoto, la Temblosa, la Cepedosa, Navahornos y la Muña; además están las lagunas de: Navalucía, el Sapo, Juan (Navacornales), Sotillo Bajero, el Sotillo, los Pollos, Juana, Navalagrulla, la Cerrada, Matisalvador, Berzal, la Nava, etc.

El sistema lagunar de Lastras de Cuéllar, aunque tuvo un mayor número de zonas encharcadas, queda en la actualidad prácticamente restringido a las lagunas del Carrizal, la Tenca y Lucía (Hontalbilla). La primera, alimentada por el arroyo de la Cigüeña, presenta una considerable extensión (tres a cinco hectáreas) y profundidad (dos a tres metros), aunque modificadas por una antigua extracción de turba y arena en una de sus márgenes. La Tenca era la laguna más extensa de la comarca (17 a 20 hectáreas), pero su lámina de agua desaparece completamente durante las sucesiones de años secos. La laguna Lucía tenía 4,4 hectáreas de extensión pero está sufriendo un proceso acelerado de colmatación e invasión por la vegetación hidrófila. Otras pequeñas charcas son: Zarza, la Polona, Abajo, las Ánimas, Arriba, la Merina, El Bodón, Navazo Román...

El conjunto de Coca-Villeguillo está formado por media docena de lagunas bastante extensas en el entorno de Villagonzalo y Ciruelos de Coca; son las lagunas de la Iglesia, Fuente Miñor, las Eras, Valderruedas y Caballo Alba (2), y los bodones Pedro Corbo y Redondo.

De forma aislada se localizan también lagunas en los términos municipales de San Martín y Mudrián (Prado Navaca, el Bordal, Losáñez, la Salida y la Magdalena), Navas de Oro (Pero Rubio, la Magdalena, la Requejada y la Vega), Nava de la Asunción (balsas Larga, de las Navas, Cuesta Blanca, Antejos y Asenjo), Navalilla (el Tiemblo), Sanchonuño (El Señor), Frumales (Navarredonda), Hontalbilla (Soto), Santiuste de San Juan Bautista (el Sanchón), Villaverde de Íscar (el Carabo), Pinarnegrillo (el Prado), Fuentepelayo (La Llosa y Paco García), Navalmanzano (la

arenales

Cruz), Fuenterrebollo (Pesilgas, Cencerradas, Tremedosa, los Navazos, Herreros, Zorreras...) y muchas otras de menor entidad o bien prácticamente desaparecidas. A principios y mediados del siglo XX, muchos pueblos de la Tierra de Pinares tenían en sus inmediaciones una pequeña laguna, charca o bodón, tal y como puede reconocerse en los mapas topográficos a escala 1:50.000 del IGN en su primera edición; es el caso de: Chañe, Arroyo de Cuéllar (Lagartera, Adobera y Palomar), Fuente el Olmo de Íscar, Campo de Cuéllar (Herrera), Narros de Cuéllar (Tío Alberto), Sanchonuño, Gomeserracín, Pinarejos... Una relación exhaustiva por términos



Figura 199. Muchas de las lagunas de Cantalejo se disponen de forma alineada, como si de un rosario de zonas encharcadas se tratase, debido a su posición interdunar (entre trenes de dunas), siguiendo el irregular trazado de las navas. (Foto: Justino Díez)

municipales y de su evolución en la segunda mitad del siglo XX puede encontrarse en Huerta y Barrio (1992).

En cuanto al origen de todas estas lagunas, su aparición se relaciona con lugares de surgencia o descarga de las aguas subterráneas procedentes de la formación acuífera infrayacente, en zonas llanas de los interfluvios donde no ha llegado el desarrollo de la red de drenaje principal. El acuífero superficial de los arenales (oficialmente unidad hidrogeológica 02.18) es un acuífero detrítico 'libre' (sin capas



arenales

semi-impermeables sobre él) con la superficie freática somera, asociado a los mantos arenosos aluviales de removilización eólica (con espesores inferiores a 10 m). Los cambios estacionales en la superficie freática durante los años secos son del orden de 0,6 m/año. Su recarga se produce por la infiltración de la lluvia y la filtración de pequeños arroyos estacionales; y la descarga a las lagunas, corrientes fluviales y otras formaciones acuíferas infrayacentes (acuíferos detríticos semicaútivos, con capas semi-impermeables intercaladas) por goteo lento; antiguamente era objeto de utilización mediante pozos poco profundos (norias), llegando a sobreexplotarlo, pero en la actualidad se utilizan sondeos en los acuíferos semicaútivos infrayacentes, con menor fluctuación estacional. La presencia a escasos metros de profundidad de los niveles arcillosos o margosos del substrato mioceno bajo el manto arenoso, condiciona en ocasiones, tanto la impermeabilidad del lecho de las navas, como la naturaleza bicarbonatada cálcica del agua de las lagunas.

Las lagunas se sitúan característicamente en las zonas deprimidas o más bajas dentro del manto arenoso de la Tierra de Pinares, ocupando posiciones que corresponden a los antiguos espacios interdunares (entre dunas), o en las zonas donde se produjo la erosión eólica de las arenas (cubetas de deflación), haciendo aparecer en superficie el substrato arcillo-margoso. Estas áreas deprimidas reciben los topónimos de nava, hoyo u hoyada; de ahí que muchos de los nombres de las lagunas, bodones y lavajos sean derivados de esos topónimos: Navalayegua, Navahornos, Navaelsoto, Navacornales, Navalagrulla, la Nava, Navazo Román... Otras reciben el nombre por su forma, condicionada por la morfología alargada (balsa Larga), redondeada (bodón Redondo, Navarredonda y Anteojos), o cerrada por montículos (la Cerrada), de las zonas interdunares o cubetas de deflación donde se sitúan.

Otras veces las lagunas se sitúan en las cubetas alargadas que forma la deflación del viento sobre las terrazas y vaguadas de los ríos y arroyos, como es el caso de las lagunas de Las Eras-Valderruedas y la Iglesia en Villagonzalo de Coca, y la laguna del Caballo Alba en Villeguillo. En ellas, la alteración de las rocas del lecho y el crecimiento de sales en las playas lacustres han tenido y tienen un papel importante en su profundización y agrandamiento (Desir *et al.*, 2003).

En el lecho de las lagunas se van depositando alternadamente niveles de arenas, limos y turbas; las arenas y limos proceden de los arrastres de los arroyos y caces, y de la arroyada difusa desde los montículos arenosos circundantes (antiguas dunas); y la turba se origina por el enterramiento y transformación de los restos de la vegetación hidrófila de las márgenes, y ha sido objeto de explotación en algunas lagunas. Esta turba, escasamente compactada, hace que los suelos de las lagunas secas temblasen al ser pisados, por lo que los nombres de muchas se hacen eco de esta peculiaridad: la Temblosa, el Tiemblo, Tremedosa... La evolución

Figura 200. Las lagunas de Lastras de Cuéllar también se ubican en posiciones interdunares, si bien algunas de ellas han sido dragadas o modificadas artificialmente para su drenaje o la explotación de turba. (Foto: Justino Diez)

natural de muchas de estas zonas es precisamente hacia la colmatación por relleno de sus fondos, y su reaparición en lugares próximos que quedan más bajos.

Para saber más: Alonso *et al.* (2000); Calonge (1987); Calonge (1989); Calonge y Díez (2002); Desir *et al.* (2003); Huerta y Barrio (1992); Rey Benayas (1991); San Melitón (1999); Temiño *et al.* (1997); Temiño *et al.* (1995).

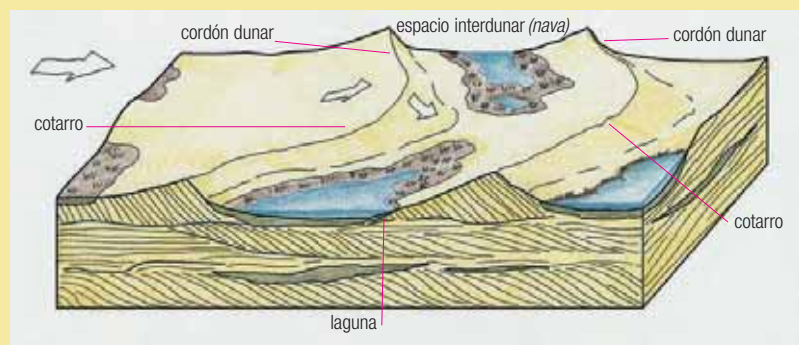


Figura 201. Las lagunas de la Tierra de Pinares se sitúan característicamente en las navas, depresiones que ocupan el espacio interdunar, entre dos frentes de cordones dunares (cotarros)



Figura 202. Las grandes navas de la Tierra de Pinares se sitúan entre trenes dunares, cuya culminación son los populares 'cotarros', y presentan en las zonas más bajas un rosario de zonas encharcadas, con algunos afloramientos del sustrato margo-arcilloso.



Figura 203. A vista de pájaro, desde gran altura, las navas de mayores dimensiones adoptan una morfología en ojal (husiforme), que se observa por el condicionamiento que ejerce el sustrato en la distribución de la vegetación arbórea (sobre las arenas de los trenes de dunas) frente a las zonas cultivadas (sobre los limos y arcillas del fondo de las navas). (Foto: A. Díez)

Más Navas: Navas de Oro, Nava de la Asunción, Navalmanzano

'Nava' es sin duda una de las denominaciones de lugar más frecuente en España y en la provincia de Segovia. Como indicaremos en más de una ocasión, una 'nava' es un terreno llano rodeado de zonas más elevadas, generalmente húmedo o encharcado, y con frecuencia con carácter 'endorreico' (que significa que las aguas afluyen hacia el interior de la depresión, sin que desagüen hacia un río).

En nuestra provincia pueden distinguirse, al menos, dos grandes tipos de navas: las navas del piedemonte (ver página 346, *Los prados de las vallas de piedra y fresno*), coincidentes con fracturas en el sustrato y grandes bloques hundidos, y las navas de la Tierra de Pinares que nos ocupan aquí. Estas últimas son depresiones dentro del manto arenoso de la comarca pinariega, bien porque se trata de zonas 'interdunares' (entre dunas), bien porque la acción erosiva del viento (deflación) ha excavado depresiones, bien porque coinciden con pequeñas vaguadas excavadas por ríos y arroyos. Dado que constituyen zonas topográficamente deprimidas, estas navas actúan normalmente como zonas de descarga de aguas subterráneas del acuífero de los arenales. Ello hace que la mayoría de estas depresiones estén ocupadas por prados y juncas, dado que el nivel freático está lo suficientemente cerca de la superficie como para que la vegetación pueda utilizarla. Y en algunos casos, como ya se ha señalado, las navas son o han sido lagunas (permanentes o estacionales); de hecho una gran parte de las lagunas actuales incorporan casi siempre a sus nombres el término 'nava' o 'navazo'.

Navas de Oro, Nava de la Asunción y Navalmanzano, como sus nombres ya permiten adivinar, se sitúan dentro o en las proximidades de extensas navas de la Tierra de Pinares. Aunque la denominación de estas poblaciones ha sufrido ligeras variaciones a lo largo del tiempo, su asociación con la forma del terreno que domina su entorno ha sido permanente. En el caso de Nava de la Asunción, por ejemplo, en el siglo XIII se conocía como *La Nava*, y a finales de XVI como *La Nava de Coca* (Sigüero, 1997).

Para saber más: Calonge (1987); Desir *et al.* (2003); González Bernaldez (1992); Sigüero (1997).

COTARROS QUE SON DUNAS BAJO LOS PINOS

Observando con detenimiento y detalle la aparente planicie de la Tierra de Pinares, bajo el bosque de pinos pueden reconocerse algunos sectores con pequeñas elevaciones y hondonadas. Aunque parezca increíble, esta topografía corresponde a los restos de morfologías de antiguas dunas eólicas, que han estado activas durante los periodos fríos y secos del Cuaternario, desde hace un millón de años hasta prácticamente nuestros días.

La mayor parte de la Tierra de Pinares está constituida por un manto de arenas arcósicas (ricas en cuarzo y feldespato) sin apenas relieves, con pequeñas irregularidades en superficie (montículos dómicos), que no superan los tres metros de desnivel; se trata de una cubierta eólica que removilizó y tapó arenas fluviales infra-yacentes, más antiguas, y que son su fuente de materiales.

Sin embargo, algunos sectores (Cantalejo, Lastras de Cuéllar, Sanchonuño, Mudrián y Navas de Oro) se sitúan en relieves suavemente alomados que constituyen antiguos campos de dunas eólicas. Los montículos dunares son alargados, con varios centenares de metros de largo y más de 15 metros de alto. Una duna típica tiene una forma característicamente asimétrica en una sección transversal, con una cara de barlovento muy tendida (pendiente máxima de 5°), la cresta o cambio del sentido de la pendiente, y una cara de sotavento (o de avalancha) algo más inclinada (pendiente en torno a 25°-35°). El movimiento de la duna se produce por erosión de arena en la cara de barlovento y su transporte hasta la de avalancha, donde se acumula como una nueva lámina adosada.

Dentro de estos campos se han reconocido dos grandes tipos de dunas y rampas de arena según su forma: parabólicas (con forma de luna en cuarto creciente, en sentido de la dirección del viento oeste-este), tanto simples y compuestas, como complejas (combinación de las anteriores); y transversas, con cresta rectilínea u ondulada. Parece reconocerse una evolución en el tiempo y el espacio (de oeste a este) desde estados iniciales como pequeñas dunas en domo formadas en el manto arenoso, que crecen como parabólicas, transversas o barjanes (con forma de luna en cuarto menguante), y que finalizan como dunas compuestas o complejas de grandes dimensiones. Las zonas interdunares están ocupadas por zonas húmedas (ver páginas 306 a 310) o áreas secas, sobre todo en zonas marginales de los campos de dunas.

Las formas de las dunas están bastante modificadas, tanto por la acción de la arroyada pluvial, que ha suavizado y redondeado las crestas, como por la actividad antrópica, que ha allanado el terreno con las prácticas forestales asociadas a la explotación de los pinares. Por ello es difícil observar estas morfologías dunares en campo más allá de simples montículos, y es preciso hacer uso de la fotografía aérea para su reconocimiento y cartografía.

arenales

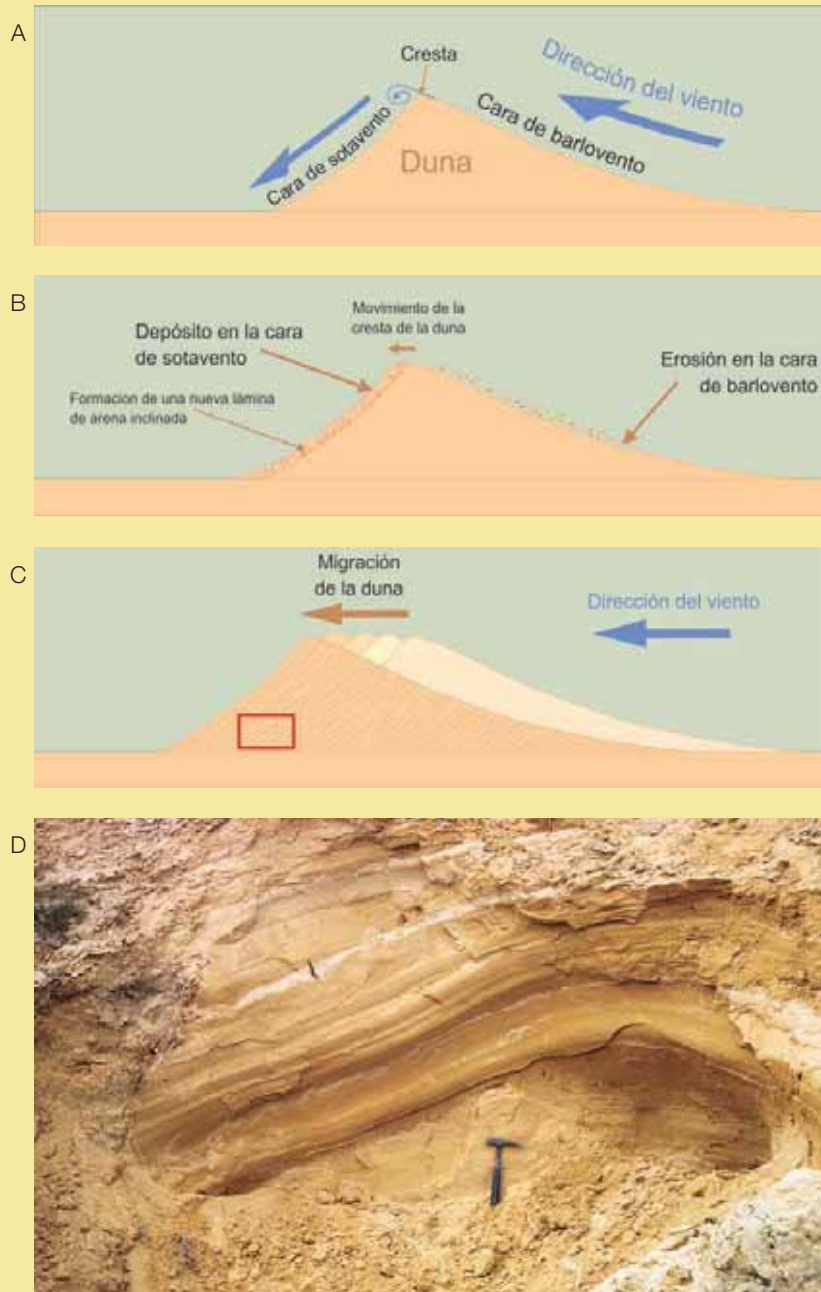


Figura 204. Esquema del movimiento de una duna en la Tierra de Pinares; A) Los vientos de procedencia oeste a suroeste, arrastran la arena de la cara de barlovento y la depositan en la cara de sotavento; B) El depósito de arena en la cara de sotavento va formando láminas que se van superponiendo; C) El resultado final es el avance o migración de la duna y la formación en su interior de un conjunto de láminas inclinadas; D) Laminación inclinada (cruzada) en una sección hecha a una antigua duna en Coca, de donde se puede deducir que su sentido de migración era de derecha a izquierda de la imagen (oeste-este en la realidad). (Foto: A. Díez)



Figura 205. Vista aérea de la explotación de INCUSA en Burgomillodo, el lugar de la Tierra de Pinares donde mejor se pueden estudiar las secuencias de sedimentación de las arenas eólicas. (Foto: Justino Díez)

La formación y migración (movimiento) de estas dunas se produjo de forma alternante durante los periodos fríos y secos del Cuaternario, correspondientes básicamente con los pulsos glaciares, ya que es en estas épocas cuando la ausencia de vegetación y el descenso del nivel freático permitieron la movilización de la arena por el viento; y los subsiguientes ascensos de la superficie freática favorecieron su sedimentación y acumulación. Los vientos dominantes procedían del oeste o suroeste, encajonándose entre los relieves de la Sierra y el escarpe de los páramos, por lo que las dunas avanzaban hacia el este-noreste. El último gran periodo de removilización eólica se produjo hace unos 11.000 años, durante la época fría denominada Dryas reciente. Con posterioridad sólo se han producido movimientos puntuales de las arenas en temporales y episodios tormentosos, ya que la masa de pinos que recubre el manto arenoso impide su removilización.

Estos relieves arenosos que salpican la Tierra de Pinares reciben diferentes topónimos en Segovia, entre los que abundan términos como 'cotarro' (cerro de poca elevación) y sus variantes 'cotarra' (comarca de Cuéllar), 'cotarrilla' o 'cotarreta' (diminutivos de cotarra), 'cotarrones' (conjunto de cerros seguidos) y 'cotarreda' (lugar en el que hay cotarros). La mayor concentración de estos topónimos quizás se encuentre en la margen izquierda del río Cega a su paso por el Común Grande de las Pegueras, donde se sitúan las cotarras de: Martín Guerra, Cuajalal, Voltaires, Hijas Blancas, Lobo, Escuderos, Casalbas, Besugo, Alta, Cabras...

En otras ocasiones, los relieves que destacan sobre la planicie de la Tierra de Pinares no son acumulaciones arenosas, sino materiales cementados y consolidados (areniscas y conglomerados), afloramientos de calizas y dolomías cretácicas (San Gregorio), o rocas ígneas y metamórficas (San Cebrián, Temeroso del Otero, San Andrés, Peña Carrasquilla...), en los dos últimos casos correspondientes al denominado 'Macizo de Zarzuela'.

12.500 Años de historia en una mina: la arenera de Burgomillodo

Para el estudio de estas arenas en el sector oriental de la Tierra de Pinares (área del interfluvio Cega-Duración), existe un extraordinario afloramiento por el espesor que alcanzan los depósitos: el frente de explotación de una mina de arenas feldespáticas y silíceas en la localidad segoviana de Burgomillodo (Carrascal del Río). La explotación pertenece a Industrias del Cuarzo S.A. (INCUSA), subsidiaria de Cristalería Española (grupo Saint-Gobain) que, junto a la explotación de la Compañía Minera Río Pirón en Navas de Oro, produce la práctica totalidad del feldespató potásico sedimentario de España y buena parte del comercializado en Europa.

El afloramiento de Burgomillodo nos permite describir e interpretar cómo se formaron los diferentes conjuntos arenosos que subyacen a la Tierra de Pinares, ya que

arenales

podemos comparar las estructuras (disposición de las láminas) de las arenas que pueden verse en la mina con la disposición de los cuerpos arenosos en medios sedimentarios actuales (ríos, desiertos, etc.), que nos sirven como modelo. Así se ha llegado a deducir que el depósito de Burgomillodo parece corresponder a una alternancia de medios fluviales y eólicos, con un claro predominio (al menos en espesor) de los primeros. Los ríos eran anchos, poco profundos, de canales múltiples, entrelazados y con baja sinuosidad (llamados ríos *braided*); arrastraban arenas en sus lechos y márgenes. Los depósitos eólicos corresponden al núcleo de morfologías dunares transversas (con formas parabólicas); la actividad eólica estaría restringida a las zonas secas, más alejadas de los canales fluviales funcionales.

Las arenas de la parte inferior del talud se formaron hace entre 12.500 y 11.000 años, durante el periodo denominado Dryas superior o moderno, un episodio frío y seco del final de la última glaciación. Las arenas de la parte superior del perfil tienen unos 6.500 años, correspondientes a la denominada etapa Atlántica del Holoceno, caracterizada por una suavización del clima tras la glaciación.

Para saber más: Bateman y Díez-Herrero (1999a); Bateman y Díez-Herrero (1999b); Bateman y Díez-Herrero (2001); Bernat y Pérez-González (2005); Calonge (1987); Calonge y Díez (2002); Díez y Bateman (1998); Díez *et al.* (2002); Díez *et al.* (1996); Eraso *et al.* (1980); Temiño *et al.* (1997); García-Hidalgo *et al.* (2002)



Figura 206. Detalle del frente de explotación de la arenera de INCUSA en Burgomillodo, con las laminaciones propias del depósito de arenas en el lecho de los ríos o en las caras de las dunas. (Foto: A. Díez)



vegas

Las vegas son una serie de anchos corredores, paralelos a los cursos fluviales principales de la provincia. Normalmente en el dominio de las llanuras sedimentarias de la cuenca del Duero, ya que en sierras, piedemontes, macizos y serrezuelas los cursos fluviales suelen discurrir encajados.

Este dominio paisajístico se caracteriza por su topografía predominantemente llana y escalonada (llanuras de terrazas), desarrollada sobre los propios sedimentos fluviales. En efecto, las vegas se han formado como consecuencia de la acumulación de sedimentos (denominados aluviones) por parte de los propios ríos. Los canales de los ríos y arroyos están excavados sobre esta acumulación de sedimentos, lo que permite que en sus márgenes podamos ver la naturaleza de los depósitos aluviales: capas o bandas de gravas (acumulación de cantos de unos pocos centímetros de diámetro) intercaladas con sedimentos arenosos, limosos y arcillosos. Las capas de gravas corresponden a acumulaciones que se produjeron en el fondo de antiguos canales, transportados en épocas en las que la corriente de agua discurría con gran energía. Las capas arenosas fueron depositadas dentro o en las proximidades del canal, mientras que las capas de limos y arcillas corresponden a la decantación de aguas turbias en épocas de grandes inundaciones, en las que los ríos cubrían buena parte de sus llanuras.

La fertilidad de estos terrenos, en especial de la llanura más baja, inmediata a los ríos, se asocia en buena medida a la acción poco frecuente, pero existente, de inundaciones fluviales, y la existencia de un nivel freático a escasa profundidad.

Las vegas han tenido un aprovechamiento tradicional asociado a estas características intrínsecas, fundamentalmente huertas y cultivos forestales, aunque también son aprovechados como materiales de construcción para la vertiginosa actividad edificadora.

En el dominio de las vegas segovianas pueden encontrarse tramos fluviales sinuosos (meandriformes) realmente singulares (Los Porretales, Hontanares....), y buenos ejemplos de meandros abandonados, sobre todo en el río Eresma (Bernardos, Navas de Oro).

ESCALERAS A LAS CAMPIÑAS: TERRAZAS FLUVIALES EN VAL-VERDE DEL MAJANO

Las vertientes y laderas de buena parte de los valles amplios y vegas por los que circulan los ríos segovianos, no presentan perfiles transversales (perpendiculares al río) rectilíneos, sino escalonados. Observando la forma de las vertientes se pueden intuir pequeños escalones o saltos entre replanos de anchura y desarrollo variable, muchas veces exagerados por las labores agropecuarias o por ser aprovechados por vías de comunicación (carreteras, caminos, ferrocarril...).

Estos replanos escalonados de las márgenes de los ríos, a modo de franjas o bandas paralelas al cauce que forman buena parte de las vegas y sotos, reciben el nombre de terrazas, del latín *terraceus* (= de tierra), en alusión a que están formados por arenas, gravas y arcillas depositadas por los ríos (aluviones). Aunque parezca mentira, cada uno de los replanos horizontales representa una antigua posición del cauce y llanura del río, por donde divagaba el canal, sedimentando los aluviones. Un posterior encajamiento (incisión) del cauce, excavando un nuevo replano topográficamente más bajo, genera el escalón entre ambos replanos. Este proceso se ha repetido sucesivamente a lo largo de los últimos dos millones de años en las márgenes de nuestros ríos, originando las sucesiones de replanos, denominadas 'sistemas de terrazas fluviales'.

Normalmente son los principales ríos los que tienen los sistemas de terrazas más desarrollados, ya que su capacidad de transporte y depósito de aluviones es mayor, así como su predisposición a excavar anchos valles, donde pueden formarse un mayor número de replanos. Por este motivo, los mayores sistemas de terrazas en la Provincia se localizan asociados a los ríos Eresma, Duratón, Cega, Pirón, Riaza, Voltoya, Moros, Serrano, Aguijesejo, etc. Además, las dimensiones de los replanos y su número aumenta significativamente en los tramos en los cuales estos ríos discurren por el llano, donde la pendiente de sus canales es menor, facilitando el depósito de aluviones. A modo de síntesis, los sistemas de terrazas más importantes se sitúan en: las márgenes del río Eresma entre Segovia y Bernardos (subfosa de Valverde del Majano); el río Moros entre Guijasalvas y la desembocadura; el río Duratón entre Sigüero y Sepúlveda, y entre Burgomillado y San Miguel de Bernuy; el río Cega entre Arevalillo y Veganzones; el río Pirón entre Villovela y Carbonero el Mayor; el río Serrano entre Sotos de Sepúlveda y la desembocadura; y el río Riaza entre Riaza y Maderuelo.

En general, los sistemas de terrazas de Segovia son asimétricos, esto es, no tienen el mismo número de replanos ni con el mismo desarrollo (anchura y longitud) en ambas márgenes del río. Normalmente existe un mayor número de niveles y de mayor anchura en la margen izquierda, mientras que el río tiende a desplazarse hacia

vegas



Figura 207. La vega del río Eresma a su paso por la subfosa de Valverde (entre Segovia y Carbonero el Mayor), presenta una disposición escalonada de los replanos desde la orilla del río hasta las campiñas y llanuras circundantes. Observando en detalle las márgenes y la disposición de la vegetación y cultivos de ribera, se aprecian estos replanos escalonados (terrazas), a modo de franjas paralelas al río. (Foto: A. Díez)

la derecha, formando laderas más inclinadas y normalmente acarcavadas o abarrancadas. Esta asimetría ha sido explicada tradicionalmente por el basculamiento tectónico de esta zona hacia el noreste, o bien por la diferente actividad de los procesos geológicos externos (coladas de solifluxión, deslizamientos...) en las dos vertientes debido a su distinta orientación.

El número máximo de niveles de terraza descritos en ríos segovianos ha sido para el río Moros en Anaya, con 14 replanos (Fernández, 1987 y 1988); con diez terrazas

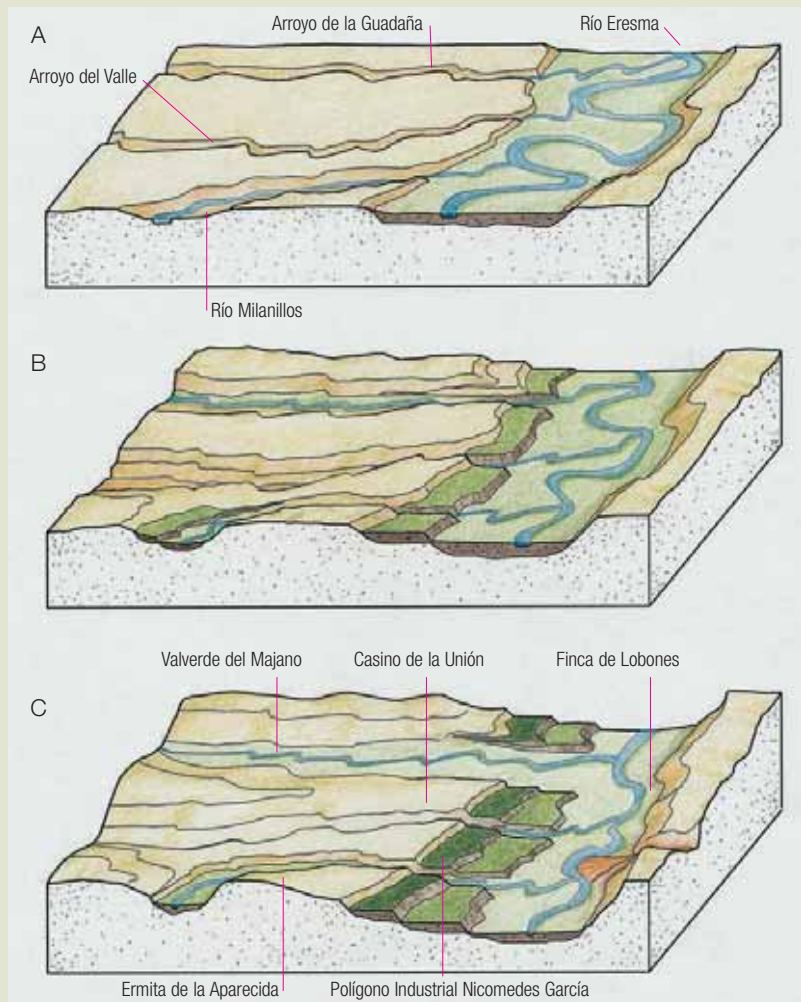


Figura 208. En la formación de los sistemas de terrazas se combinan momentos de erosión del río en su lecho (agrandando y profundizando su valle), con otros de depósito de los materiales que arrastra. A) El río Eresma formaba una amplia llanura en la que el río divagaba trazando amplios meandros y depositando materiales en su lecho y márgenes; B) Se produce una erosión del río en sus depósitos, y la sedimentación de nuevos materiales, dejando la antigua llanura 'colgada', como un escalón respecto al actual fondo de valle; C) La secuencia se repite, generando un nuevo escalón o terraza en la margen izquierda.

están el río Serrano en Castillejo de Mesleón (Muñoz y Tanarro, 2000) y el río Eresma en Valverde del Majano (Fernández, 1987 y 1988). La terraza más alta sobre el cauce actual se sitúa en el río Moros en Anaya, a +100-104 m sobre el nivel actual del río.

Algunos autores consideran que el primero, más alto y antiguo replano de terraza es el correspondiente a las rañas del piedemonte, a partir del cual comenzarían su encajamiento los sistemas de terrazas de los ríos actuales.

Para saber más: Fernández (1987); Fernández (1988); Muñoz y Tanarro (2000).

vegas

CUANDO LOS RÍOS CAMBIAN SU CAMINO: MEANDROS ABANDONADOS

Los ríos que presentan trazados sinuosos, describiendo curvas cerradas, reciben el nombre de meandriformes; cada una de sus curvas completas se denomina meandro. Este nombre procede del topónimo griego *Maiandros*, nombre que recibía durante la dominación griega un río extraordinariamente sinuoso que discurre

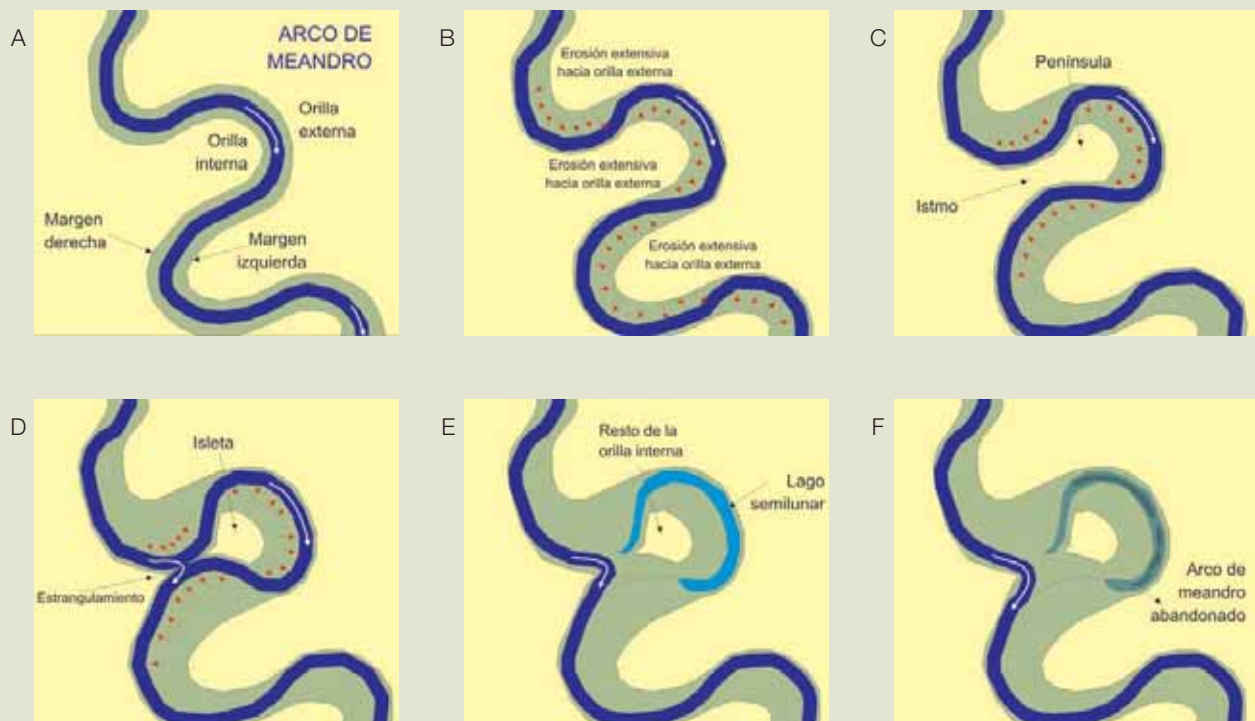


Figura 209. El proceso de formación de un meandro abandonado es lento y progresivo, aunque a veces se ve acelerado durante las crecidas y avenidas: A) Un río traza curvas sinuosas, o meandros; B) La erosión en las orillas externas de cada curva, y la sedimentación en la orilla interna, comienza a exagerar la forma de las curvas; C) La orilla interna va progresivamente estrechándose, formando una especie de península, conectada únicamente a través de un istmo; D) Si el estrechamiento progresa, llega a producirse el estrangulamiento de la península, dejando un resto de la orilla interna a modo de isleta; E) El río pasa a fluir por el trayecto más corto, quedando el antiguo cauce en la curva como un lago semilunar; F) El lago semilunar se deseca, delatando el antiguo trazado del meandro, ahora abandonado.



vegas

por las inmediaciones de la ciudad de Éfeso (península de Anatolia, actual Turquía).

Los ríos meandriformes tienen una dinámica peculiar, puesto que la corriente de agua tiende a aproximar su zona de máxima velocidad y capacidad erosiva hacia la orilla externa (por la denominada fuerza centrífuga), mientras que la orilla interna tiene menores velocidades y el depósito de los materiales arrastrados desde aguas arriba. Por este motivo los meandros se desplazan con el tiempo, erosionando en la orilla externa y sedimentando en la interna, tanto aguas abajo (según el sentido de la corriente), como hacia los laterales (perpendicular al sentido de la corriente). Durante estos movimientos, las zonas de máxima curvatura opuestas de una curva de meandro pueden aproximarse progresivamente por erosión en sus respectivas orillas externas, dejando la orilla interna con forma de península. Esto es lo que ha ocurrido en el meandro de San Frutos en las Hoces del río Duratón, dejando una estrecha lengua de tierra donde se sitúa la ermita, unida a las lastras circundantes únicamente por la conocida “Cuchillada de San Frutos”; y también en el promontorio rocoso conocido popularmente como El Submarino, en el Valle del Clamores (Segovia).

En casos extremos de aproximación de estas orillas curvas contrapuestas se puede llegar a romper el istmo que las separa, pasando el río a circular más recto, atajando por el nuevo paso y dejando buena parte del antiguo meandro sin circulación de agua; este proceso se denomina estrangulamiento (en terminología anglosajona *neck cut-off* = corte de cuello) y suele coincidir en su consumación final con una crecida del río o un movimiento de ladera (deslizamiento, desprendimiento...) en sus márgenes. Así se forma un meandro abandonado, un tramo de antiguo cauce del río que ha quedado inactivo, al haberse trasladado la corriente a otra zona. Lo que era el antiguo fondo de valle, suele quedar ocupado de manera temporal por una laguna de forma semilunar, que recibe el nombre de galacho (en inglés *oxbow lake* = lago en forma de cuerno de buey).

En Segovia tenemos varios ejemplos de espectaculares meandros abandonados, tanto por sus dimensiones como por poderse reconocer perfectamente en ellos el proceso de estrangulamiento antes descrito. Destacan por su fácil acceso: el meandro abandonado del río Duratón en La Hontanilla (Hoces del río Duratón), perfectamente visible desde el punto kilométrico 16,700 de la carretera entre Sepúlveda y Villar de Sobrepeña (Díez *et al.*, 1996); el meandro abandonado del río Eresma en la Constanzana (Pinar de Bernardos), donde se sitúa el centro forestal homónimo; y el meandro abandonado por captura del río Voltoya al río Eresma en la Cuesta del Mercado (Coca), también conocido como El Barco, posiblemente en alusión a la forma de la loma que formaba la antigua orilla interna.

Otras veces los meandros abandonados se sitúan en los propios depósitos

Figura 210. Ejemplo de meandro abandonado en Segovia: Río Eresma cerca de Bernardos, donde la forma de lazo de los cultivos herbáceos (en primer plano), nos delata el trazado del antiguo meandro, actualmente inconexo con el valle del río (en segundo plano). (Foto: A. Carrera)



vegas

aluviales de la llanura de inundación, por lo que son de dimensiones más limitadas y poseen un carácter efímero, sólo distinguiéndose por mínimas diferencias topográficas, variaciones en la humedad del suelo, y los consiguientes cambios de la vegetación riparia. Este tipo de meandros abandonados son característicos de: el arroyo Milanillos entre Madrona y Valverde del Majano (de donde también podría proceder su nombre, mil-anillos, en alusión a las formas de lazo de los meandros abandonados); el río Eresma entre Segovia y Los Huertos; el río Voltoya en Campo Azálvaro; y el río Cega entre Veganzones y Lastras de Cuéllar. Por último, los cauces meandriformes también son frecuentes en las praderas de alta montaña, donde la pendiente es muy suave, como las tollas y trampales de la Sierra de Guadarrama.

Vados y bodones: meandros del Cega en Los Porretales

El tramo del río Cega comprendido entre el puente de la carretera CL-603 en Veganzones, y el puente sobre el mismo río entre Aguilafuente y Lastras de Cuéllar, muestra un ejemplo característico de río aluvial de tipo meandriforme. En este trayecto se une al Cega el arroyo de Santa Ana (que atraviesa Turégano), dando lugar a un paraje con topónimo preciso: Ambos Ríos. También forma parte de este tramo la conocida Dehesa de Los Porretales.

Dentro del canal del río Cega alternan zonas someras o poco profundas, donde hay una mayor acumulación de sedimentos de arenas y gravas (denominadas 'vados' o 'médanos'), con zonas más profundas (denominadas genéricamente 'pozas', y localmente 'bodones'). Sorprende la existencia de topónimos en este tramo fluvial para designar dichas formas (por ejemplo, Bodón de La Solana), poco comunes en otros ríos aluviales. Pero, sobre todo, sorprende la abundancia de referencias a los vados: Vado Eritero, Vado de la Rebollosa, Vado la Casa, Vado Variles, Vado del Pajar, Vado de Cantalejo...

Más allá de lo descriptivo, lo realmente interesante de este tramo fluvial es su dinámica, muy activa en comparación con la mayor parte de los procesos geológicos y geomorfológicos descritos en el resto del libro. Hasta tal punto, que en muy pocos años es posible observar cambios en el trazado del río por estrangulamiento de meandros, erosión en la orilla externa de los meandros y sedimentación en las orillas internas. En efecto, este tramo fluvial ofrece ejemplos muy didácticos sobre la dinámica de los cursos meandriformes, caracterizados por simultanear procesos de erosión y sedimentación dentro de la misma llanura.

Pero además de su variación lateral, el Cega sufre aquí desbordamientos periódicos, que a menudo conllevan cambios drásticos en el aspecto de su llanura. Cuando sufre una crecida, el río desborda su cauce, depositando los materiales

Figura 211. Ejemplo de meandros abandonados en Segovia: Río Voltoya en Campo Azálvaro, donde se aprecian múltiples antiguos meandros y posiciones del canal, ahora secos pero con vegetación en tonos más oscuros. (Foto: A. Carrera)

más gruesos cerca del canal. Estos sedimentos forman verdaderos diques naturales de arena por encima de las márgenes del río. Durante la crecida, la llanura puede llegar a cubrirse parcial o totalmente por agua, quedando zonas encharcadas temporalmente tras la inundación. En estas zonas encharcadas decantan las aguas turbias de la inundación, y cuando el agua desaparece, la llanura queda cubierta en sus zonas más bajas por un manto de materiales limosos y arcillosos.

Pero el cambio verdaderamente drástico que se produce tras una inundación tiene lugar cuando el río cambia su trazado dentro de la llanura, lo cual también ocurre frecuentemente. Ello tiene implicaciones territoriales, si tenemos en cuenta que a lo largo de toda esta llanura el canal del Cega sirve de límite de términos municipales entre Aguilafuente y Lastras de Cuéllar). A este fenómeno se le denomina 'avulsión', y se produce precisamente por lo siguiente: tras un periodo de años durante los cuales existe un trazado constante, el río va rellenando de sedimentos su canal. Aunque parezca increíble, la protección que ejercen los diques naturales hace que el nivel del río pueda situarse por encima del nivel de la llanura aluvial. De esta manera, en uno de los procesos de inundación, el río desbordará o romperá los diques de sus márgenes, y buscará las zonas más bajas de la llanura, donde formará un nuevo canal e iniciará los mismos procesos descritos.

Las llanuras aluviales con canales sinuosos y meandriformes son típicas de los cursos medios y bajos de los ríos segovianos, y las formas y procesos aquí descritos pueden encontrarse en muchos otros tramos fluviales: río Eresma en Hontanares de Eresma, río Pirón en Mozoncillo, río Milanillos en Valverde del Majano, río Frío en Madrona, río Voltoya en Campo Azálaro.

Para saber más: Díez *et al.* (1996); Pedraza *et al.* (1996); Santamaría (1991)...

Figura 212. Foto aérea oblicua del río Cega, entre Ambos Ríos y Los Porretales. En la parte media superior de la imagen, la que queda entre las dos grandes choperas (de tonos amarillos verdosos), puede observarse el trazado de un antiguo canal, muy sinuoso ('dibujado' por la línea de árboles que amarillean). A su derecha aparece el nuevo canal del Cega, sobre una zona de la llanura aluvial sin árboles (pradera verde, Dehesa de Valparaíso), que probablemente ha ocupado esta posición tras un proceso de 'avulsión' (ver texto para su explicación). Finalmente, a la derecha del nuevo canal, puede intuirse un antiguo meandro abandonado (mancha oscura con forma de herradura, entre el canal actual y el camino. El cultivo intensivo de choperas está transformando este paisaje fluvial singular, y los sotos que le acompañan.

vegas



ATERRAMIENTO DE LA ERMITA DE LAS VEGAS

La ermita románica de Nuestra Señora de Las Vegas, sobre una llanura aluvial en las proximidades de la confluencia del río Cega y el arroyo de la Vega (Santiuste de Pedraza), ofrece un ejemplo interesante de interacción entre procesos geomorfológicos y actividad humana histórica.

Los datos esenciales de esta historia son los siguientes (Moreno Sanz, 1989). El edificio religioso se construyó entre finales del siglo XI o comienzos del XII. Al parecer, la ermita se sitúa sobre los restos de una basílica paleocristiana del siglo V, y el asentamiento original podría ser incluso más antiguo, pues en los alrededores hay restos de una villa romana. Sea como fuere, lo cierto es que desde que se construyó el edificio románico (nivel del terreno a comienzos del siglo XII), hasta principios de la década de 1970, fecha en la que se iniciaron trabajos de restauración en la misma, la iglesia quedó enterrada por unos 105 cm de arena (figura 214).

A partir de estos datos, varios son los aspectos de interés que pueden destacarse e interpretarse. En primer lugar, es posible obtener tasas de actuación de procesos geomorfológicos a partir de referencias históricas y espesores de sedimentación. En este caso la tasa de enterramiento es de 1,2 mm/año. En segundo lugar está la interpretación del proceso. Moreno Sanz (1989) explica que esa tasa tan elevada tiene su origen en un incremento demográfico significativo, debido a la repoblación del siglo XI, y a una mejora de las técnicas agrícolas, que permitieron el aprovechamiento pascícola primero, y la roturación después, de las laderas del entorno de la ermita. También la extracción de arcillas y arenas, y la cantería en las laderas próximas podrían haber influido.

En definitiva, el sobrepastoreo en las laderas adyacentes, junto con actividades extractivas tradicionales, habrían eliminado la cubierta vegetal, dejando el suelo (y en ocasiones el sustrato areno-arcilloso, muy fácilmente erosionable), al descubierto. En estas condiciones, la acción erosiva del agua de lluvia, sobre todo cuando precipitase en forma de aguaceros concentrados y lluvias torrenciales, habría originado una importante actividad erosiva en las laderas, formando regueros y cárcavas, visibles en toda la comarca. El agua cargada de sedimentos procedente de estas zonas habría sido evacuada a través de un colector principal, o arroyo, y sedimentada al pie de la ladera, debido al cambio de pendiente. Esta sedimentación habría ido construyendo periódicamente un pequeño abanico aluvial, o cono de deyección, que habría enterrado la iglesia (figura 213).

En conjunto, pues, vemos como la presión humana introdujo un cambio importante en la dinámica geomorfológica del entorno. Con anterioridad al aumento demográfico de la repoblación del siglo XI, parece que esta zona habría sido durante algunos siglos un 'desierto humano', que se traduciría en una recuperación importante



Figura 213. Los sedimentos que produjeron el aterramiento de la ermita de Nuestra Señora de Las Vegas procedían de la vaguada situada en la parte superior izquierda de la imagen. (Foto: J.F. Martín Duque)

vegas

de la vegetación. En estas condiciones, la red fluvial del entorno evacuaba sin problemas el poco material erosionado. Sin embargo, desde los siglos XII al XX se produce un aumento importante de la erosión de las laderas, y de la sedimentación a su pie. Curiosamente, en los últimos 20 ó 30 años estamos asistiendo a una inversión del proceso, y por primera vez después de casi mil años, la vegetación vuelve a recuperarse de manera espontánea en muchas zonas de este entorno.

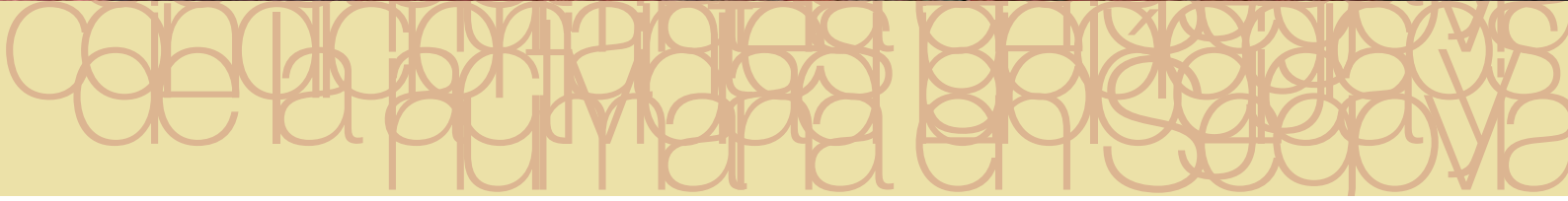
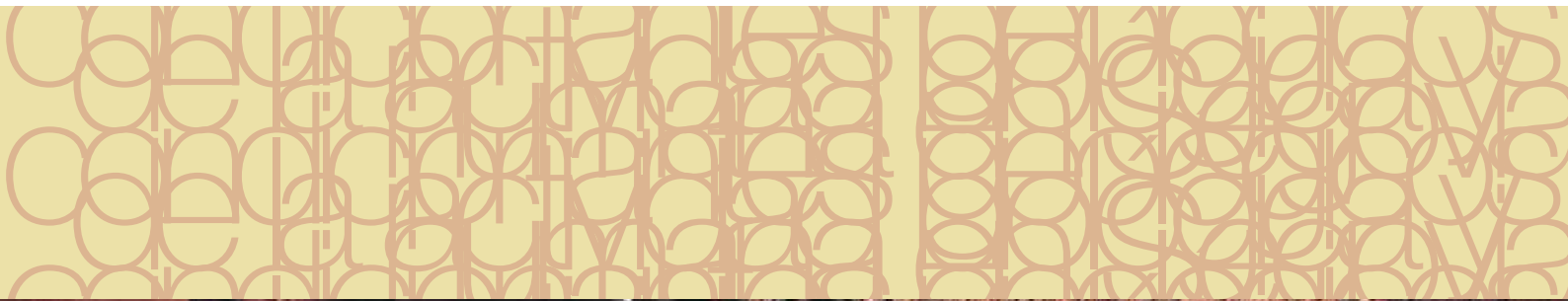
Para saber más: ITGE (1991 c); Moreno Sanz (1989).



Figura 214. Las señales del nivel hasta el que estuvo enterrada la ermita de Nuestra Señora de las Vegas son aún visibles a ambos lados de la puerta de entrada al atrio. A principios de la década de 1970 se vació el entorno, razón por la cual la ermita queda ahora bordeada por una especie de 'foso', visible a la izquierda, donde crece el árbol. (Foto: J.F. Martín Duque)



condicionantes
geológicos
de la actividad
biológica y
humana en
Segovia



La naturaleza y disposición de los distintos tipos de terreno ha tenido una fuerte influencia tanto en la distribución natural de los organismos vivos (fundamentalmente vegetación) como en el desarrollo cultural, histórico y económico de nuestra provincia. Y es que la vida terrestre, y una gran parte de las actividades humanas, dependen en su mayoría de un manto superficial de rocas y suelos de no más de unos metros de profundidad. A este manto de rocas y suelos le venimos refiriendo como 'terreno'. Este término, bastante utilizado cuando el 'naturalismo' no había dado paso a las especializaciones actuales, está hoy en desuso fuera de ámbitos muy concretos (*Ingeniería del Terreno*, por ejemplo). Y sin embargo aglutina magníficamente muchos de los contenidos que se quieren expresar en este libro y este bloque, condensados quizás en el propio título: *Las Raíces del Paisaje*.

Es ésta una tesis que hemos venido manteniendo desde el principio: la relación entre las características del terreno (tipo de sustrato y configuración geomorfológica) y los paisajes de la Provincia es muy clara. En primer lugar, los materiales y procesos geológicos habrían controlado, y controlan de manera importante, los ecosistemas 'naturales' (Geoecología). Sobre ese punto de partida, el aprovechamiento histórico del territorio, fundamentalmente sus usos primarios (cultivos, pastos, maderas, materiales de construcción), han estado muy condicionados. Mediante esos usos, el hombre ha definido el carácter de los paisajes que hoy vemos en Segovia, desarrollando a su vez un inmenso legado histórico, arquitectónico, etnográfico y cultural (Etnogeología).

geoecología



Más allá del interés que la historia geológica supone para el conocimiento, esa sucesión de acontecimientos ha influido de manera decisiva en la evolución de mayoría de los organismos vivos que pueblan nuestro entorno. No como único factor, pero sí como uno predominante (afectando al propio clima, formando corredores o barreras geográficas, creando distintos ambientes que han guiado la selección natural...).

En este capítulo no vamos a desarrollar estos aspectos, sino cómo la distribución actual de los organismos y sus hábitat (los lugares donde éstos viven) están muy condicionados por los materiales y los procesos geológicos.

El punto de partida de este análisis es el siguiente: el clima es el factor que determina la distribución 'regional' de las plantas sobre la superficie terrestre (desiertos polares, taiga, bosques caducifolios, ambientes mediterráneos y semiáridos, desiertos de latitudes bajas, sabana, selvas ecuatoriales), y éstas a su vez condicionan el hábitat de la fauna. Estas variaciones del clima con la latitud están muy influenciadas y modificadas por la orografía. Y dentro de una misma zona climática (por ejemplo del clima mediterráneo), la naturaleza del sustrato y las formas del terreno determinan de manera importante la distribución de las plantas. Además, ese control es mayor cuanto menor es la precipitación (regiones áridas y semiáridas).

La intervención humana ha modificado muy significativamente esa distribución 'natural' a través de distintos usos, y desde luego, en nuestro entorno geográfico, esa modificación ha sido muy importante. Pero los organismos vivos ofrecen diferencias de un tipo de terreno a otro después de la transformación. Aún así, la Ecología sigue dominada por el estudio de las relaciones entre organismos y comunidades biológicas (y como mucho de éstas con el clima), pero todavía es escaso el tratamiento que se realiza de las relaciones existentes entre dichos organismos y comunidades, y el medio geológico y geomorfológico sobre el que se asientan. Ello obliga a hablar de Geoecología para este segundo caso, cuando en realidad valdría con un uso más equilibrado entre lo abiótico y lo biótico dentro de la Ecología.

LAS RAÍCES GEOLÓGICAS DEL PAISAJE VEGETAL: GEOBOTÁNICA

En inglés, existe un término que combina perfectamente el tipo de roca o sustrato con la forma topográfica que éste ofrece en superficie: *landform*. Un campo de dunas no es sólo un tipo de relieve ondulado, sino que es inseparable del material que lo constituye (arenas de cuarzo). Lo mismo sucede con un 'canchal' (acumulación de grandes bloques rocosos, con forma de talud, al pie de un escarpe). La falta de un término (e incluso del mismo concepto) en castellano dificulta la explicación de los efectos que sobre las plantas tienen simultáneamente roca y topografía (llanura arcillosa, ladera granítica, escarpe calizo...). Éste es el motivo por el cual utilizamos aquí con tanta frecuencia la expresión 'tipo de terreno', en un intento por combinar ambos factores, sustrato y forma.

A este respecto, es preciso insistir una vez más en cómo la toponimia existente en la provincia de Segovia, referida al medio 'abiótico', sí que combinaba perfectamente esa doble naturaleza litológica y topográfica: lastras, lanchares, berrocales, canchos, navas, tollas, arenales, ... Tales denominaciones suponen una clasificación muy inteligente del territorio sobre la base de sus posibilidades de aprovechamiento, y refieren unidades que, precisamente por combinar tipo de roca y forma, tienen una gran influencia sobre toda una serie de factores ecológicos. Por ejemplo sobre la textura del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes minerales, la escorrentía e infiltración, la pendiente... Ésta es, en síntesis, la explicación de por qué las formas del terreno controlan en gran medida el desarrollo de la vegetación y los ecosistemas: mientras la propagación de semillas sobre un entorno puede ser uniforme, aquéllas se encargan de 'seleccionar' las que mejor se adaptan a unas características específicas.

Antes de continuar con este análisis, digamos que el primer gran condicionante derivado de la evolución geológica de este entorno lo constituye la propia barrera biogeográfica que forma el Sistema Central, y la diferencia de altitud existente entre las mesetas que quedan a ambos lados, lo que impide que determinadas especies 'pasen' de la submeseta Norte a la Sur y viceversa (jara pringosa, madroño...).

Por otro lado, la formación del Sistema Central condicionó sobremedida el clima actual de la provincia de Segovia, hasta el punto de crear dos grandes zonas climáticas en un entorno que sin sierra sería muy homogéneo y continental. Estas dos zonas son los bloques elevados del Sistema Central y la Meseta (submeseta Norte). Para no confundir, es preciso aclarar aquí que si desde un punto de vista geológico el piedemonte forma parte de La Sierra, ya que pertenecen a una misma estructura tectónica, desde un punto de vista climático (y por tanto con influencia

Figura 215. El entorno de Covatillas (Torreiglesias) ofrece un buen ejemplo de distintos tipos de vegetación y usos del suelo asociados a distintas unidades geológicas. Los cultivos de secano del borde superior se localizan sobre sedimentos 'terciarios'. El bosque más denso bajo esos campos (encinar) se asienta sobre un pequeño macizo de gneises. El fondo del valle está ocupado por vegetación de ribera y prados. Finalmente, a ambos lados de ese fondo de valle, un sabinar muy abierto coloniza terrenos de lastras calcáreas. (Foto: Justino Díez)

geoecología





Figura 216. La sierra de Guadarrama condiciona drásticamente la vegetación de la provincia de Segovia, al crear dos grandes zonas climáticas en un entorno que sería homogéneo y continentalizado sin esa sierra. (Foto: A. Carrera)

para la vegetación), la sierra se limita a las elevaciones principales, y el piedemonte formaría parte de la Meseta. Es así por que las precipitaciones medias anuales son bajas, existen grandes diferencias de temperatura, y el periodo de aridez estival es marcado.

Dentro de esas dos grandes regiones, la diversidad de formaciones vegetales es con bastante frecuencia reflejo de un cambio de los tipos de roca del sustrato y de las configuraciones topográficas en que éstas aparecen. Para hacernos una idea de la importancia de esa influencia, imaginemos que toda la provincia fuera totalmente llana, y que tuviera un único tipo de sustrato. En ese caso el paisaje vegetal sería homogéneo, y estaría controlado únicamente por las condiciones climáticas 'regionales'.

Geo(morfo)logía y vegetación en las elevaciones serranas

Como es bien sabido, la variación de la vegetación en los sistemas montañosos adopta una disposición en franjas a distintas altitudes. Éstas reproducen, en cierta medida, las variaciones que se producen con la latitud: a mayor altura, mayor similitud con la vegetación de latitudes más altas. Esta disposición está dirigida por la disminución de temperatura y por el incremento de la precipitación que tiene lugar con el aumento de la altitud.

En la vertiente segoviana de la Sierra de Guadarrama, la mitad inferior de las laderas es un dominio potencial del robledal de roble melojo. Aunque éste ha desaparecido en gran parte de estas zonas, para obtener pastos, y en su lugar aparecen distintos matorrales y plantas herbáceas. En otros casos se encuentra sustituido por pinares de pino silvestre, que encuentra su dominio natural a mayor altitud, aproximadamente entre 1600 y 1800 m. Por encima de los pinares se situaría el hábitat natural de matorrales y pastizales montañosos, ya que las duras condiciones climáticas impiden el crecimiento de árboles. En la Sierra de Ayllón, el robledal puede constituir el límite de la vegetación arbórea, si bien existe aquí un dominio de bosque mixto de especies eurosiberianas, que penetra a modo de cuña hacia el suroeste, haciendo posible la existencia de robles albares, fresnos de montaña, serbales, tejos, álamos temblones, hayas, acebos y abedules. Con carácter general, los suelos de todo el dominio son silíceos (ácidos), y la mayoría de las plantas son características de este tipo de terrenos (acidófilas). Sin embargo, sobre ese 'esquema general', existen variaciones locales, condicionadas por diferencias en la geología y la geomorfología.

Un buen ejemplo lo muestran precisamente las especies 'eurosiberianas', que encuentran condiciones óptimas en determinadas posiciones geomorfológicas, tales como orientaciones más umbrosas (que actúan como refugio biogeográfico) o

geoecología

sobre sustratos capaces de almacenar mucha humedad en el subsuelo, como canchales. Respecto al primer factor, cuando el sustrato y la altitud son constantes, las variaciones topográficas pueden condicionar sobremanera la vegetación. Así ocurre sobre todo en la Sierra de Ayllón, donde el sustrato de pizarras ha favorecido que la red fluvial haya erosionado de manera más efectiva que en Guadarrama, razón por la cual aparecen unas cabeceras de valles fluviales con orientaciones, exposiciones y microclimas mucho más variados que en Somosierra y Guadarrama. Ello permite el desarrollo de comunidades vegetales singulares, como hayedos, tejedas o abedulares. A ello han contribuido, no obstante, otros factores 'externos', como una mayor influencia de vientos húmedos y fríos del noreste, o la conexión biogeográfica con las zonas montañosas del norte de la Península a través de la Cordillera Ibérica. Algunos ejemplos sobresalientes son el abedul del arroyo de San Benito, los hayedos de la cuenca alta del río Riaza, el collado de Las Cabras, las laderas de la Pinilla, y la excepcional y singular comunidad vegetal de la 'acebeda de Becerril', en la cabecera del río Hociquilla (Allué *et al.*, 1992). Aunque en menor medida, también en Somosierra y Guadarrama, cuando existen valles interiores, aparecen estas especies típicas de bosques eurosiberianos. Es el caso del soto de Somosierra desde Rades hasta Prádena, el acebal de Prádena y Arcones, la tejera del arroyo de los Tejos, el nacimiento de los ríos Ceguilla, Cega, Viejo y Pirón, así como ciertos enclaves del nacimiento del Eresma y la Acebeda del río Frío.

Otro ejemplo de la influencia del sustrato se sitúa en las zonas altas del Guadarrama. Dentro del dominio de rocas silíceas (gneises y granitos) aparecen intercalados pequeños afloramientos de mármoles, que proceden del metamorfismo de rocas sedimentarias carbonáticas (básicas). El grado de transformación que han sufrido estas rocas y su pequeña extensión impiden que su presencia controle, de manera generalizada para toda la Sierra, la aparición de plantas 'calcícolas' o 'basófilas' (que prefieren sustratos 'calizos', y por tanto normalmente 'básicos'). Sin embargo, existen asociaciones de plantas calcícolas asociadas a zonas con mármoles, como por ejemplo en las proximidades del Collado de la Flecha (Pérez Badía *et al.*, 1998), que ponen de manifiesto esta influencia.

Otra muestra es el cambio que se produce cuando el tipo de rocas silíceas varía. Así sucede entre los sectores de Guadarrama y Somosierra (donde dominan granitos y gneises) y la Sierra de Ayllón (donde dominan pizarras y esquistos). En este segundo sector, donde el suelo es más ácido, los matorrales que aparecen en aquellas zonas donde el bosque ha sido eliminado son brezos (*Erica arborea*, *Erica australis*, *Calluna vulgaris*), gayuba (*Arctostaphylos uva-ursi*) y arándano (*Vaccinium myrtillus*). Sin embargo, éstos disminuyen drásticamente hacia el Oeste de la Pinilla, precisamente donde cambia el tipo de rocas. Entonces, son sustituidos por especies como genistas (*Genista florida*), retama negra (*Cytisus scoparius*) o jaras (*Cistus*



Figura 217. Robledales en la cabecera del río Riaza, sobre sustratos de esquistos y pizarras. En el centro de la imagen, unas capas de cuarcitas (con tonos blancos) son muy resistentes a la meteorización y dificultan mucho la formación de suelo sobre las mismas. Por este motivo aparecen también desprovistas de vegetación. (Foto: A. Carrera).



Figura 218. Restos de encinar en las márgenes de los regueros y barrancos que surcan la superficie de las campiñas. (Foto: A. Carrera)

laurifolius). Aunque en esta variación también influyen las distintas condiciones climáticas (en la Sierra de Ayllón las nieblas y las tormentas de verano son mucho más frecuentes que en Guadarrama) y la propia biogeografía (la Sierra de Ayllón está mejor ‘conectada’ con los bosques del norte peninsular, a través de zona más occidental del Sistema Ibérico), lo cierto es que el cambio geológico es importante.

Un ejemplo más de las relaciones que queremos poner de manifiesto entre ‘formas del terreno’ y vegetación aparece en la base de las laderas de la sierra. Como tendencia universal, en las zonas más elevadas de las laderas dominan los procesos erosivos, y en las zonas bajas dominan los procesos de sedimentación. No sólo se produce aquí una acumulación de sedimentos, sino también de nutrientes. En la base de las laderas de la Sierra, este hecho se traduce en la presencia de suelos más profundos y ricos para la vegetación que los de su entorno. Ello explica un desarrollo óptimo del robledal en estas zonas, que permitió su aprovechamiento histórico de leñas y pastos. Los restos de estos bosques adhesados constituyen actualmente las ‘matas’ (de la Saúca, de Pirón...).

Esporádicamente, la acumulación de sedimentos favorece la dispersión de un determinado tipo de semillas. Al pie de la Mujer Muerta, por ejemplo, el abanico aluvial formado por un ‘derrame’ de sedimentos está cubierto de pinar de pino silvestre (ver páginas 176-179).

Geo(morfo)logía y vegetación en las planicies de la Meseta

La diversidad geológica de la llanura segoviana muestra excelentes ejemplos de su influencia en la diversidad biológica. El patrón más claro lo ofrecen el piedemonte y los macizos, donde se combinan sustratos silíceos y calcáreos que aparecen poblados por comunidades vegetales afines a uno u otro sustrato (denominadas silicícolas o acidófilas, y calcícolas o basófilas respectivamente).

El piedemonte de Pedraza muestra un magnífico ejemplo de los efectos que la variabilidad geológica tiene sobre las plantas. Desde Caballar hasta Siguero, el piedemonte aparece dividido en una serie de franjas alternantes de rocas muy distintas: por un lado rocas metamórficas (gneises) y en mucho menor medida ígneas (granitos), y por el otro rocas sedimentarias (arenas, arcillas, calizas y dolomías). Varios de los límites entre esas bandas son rectilíneos, ya que se corresponden con grandes fallas que ponen en contacto gneises y rocas calizas (dolomías). Estas discontinuidades en el tipo de rocas causan cambios dramáticos en la distribución de las comunidades vegetales. Hasta tal punto que las fallas geológicas constituyen aquí líneas nítidas que separan comunidades de plantas de tendencia basófila o calcícola (sabinares o ‘enebrales’) de comunidades de plantas de afinidad silicícola.

geoecología

Dentro de las franjas de rocas sedimentarias que forman parte del piedemonte (dominio de lastras y cuestras arenosas), la principal variación en la vegetación la introducen:

Los cambios topográficos que suponen hocinos y cañones. Dentro de las laderas de estos valles, cuando la litología del sustrato es constante, la diferente orientación de las laderas resulta determinante. Un ejemplo lo constituye la preferencia de los quejigares por orientaciones de umbría (proximidades de la carretera de Losana a Torreiglesias, Caballar ...). Algunas de estas localizaciones de umbría (por ejemplo el entorno de la fuente de Covatillas, en Torreiglesias), constituyen verdaderos refugios de especies típicas de bosques caducifolios y de ambientes húmedos y frescos.

El diferente tipo de sustrato, arenoso y arcilloso en la base de las laderas (vegetación silicícola) y 'calizo' en la culminación de las laderas y plataformas (vegetación calcícola). Con mucha frecuencia, sin embargo, existe un recubrimiento de naturaleza carbonática (coluvión) sobre la base areno-arcillosa de las laderas, y que por tanto amplía o extiende el dominio de la vegetación calcícola sobre el de la silicícola.

En otros casos, sobre rocas carbonáticas (dolomías) aparecen plantas silicícolas, lo que indica que las rocas han estado sometidas a intensos procesos de lavado y meteorización, y se han 'descalcificado'.

Finalmente, en las superficies graníticas y gnéisicas del piedemonte, la principal variación al dominio de encinares y robledales que impone el clima regional, o a los matorrales y pastizales que siguen a su eliminación, la introducen las navas.

Por lo que respecta al resto de las llanuras de la Meseta, el comportamiento del roble melojo (rebollo) ofrece un buen ejemplo de adaptación al sustrato, ya que éste sólo aparece en terrenos silíceos. De esta manera, la localización de los rebollares que salpican la llanura segoviana, lejos de su dominio natural del pie de la Sierra, permite a su vez 'intuir' la localización de macizos como los de Santa María y Zarzuela del Pinar: zona del Temeroso, en Pinarnegrillo y Navalmanzano, entre San Cebrián y Lastras de Cuéllar. Y en la Serrezuela, tanto en su núcleo (formado por rocas ígneas y metamórficas) como en las zonas de conglomerados y areniscas que lo bordean, los rebollares llegan a ser incluso abundantes. Desde estos núcleos, los robledales se extienden por las zonas arenosas de la Tierra de Pinares, también silíceas (Aguilafuente, Sauquillo, Cantalejo, Valdesimonte), pero no por las campiñas, donde el carácter ácido del suelo no está bien marcado; tampoco sobre los macizos calcáreos de Sepúlveda y la Serrezuela, que imprimen un carácter netamente calcícola a la vegetación que soportan. A su vez, los cañones que cortan estos macizos muestran algunas pautas de adaptación de las plantas a modificaciones bruscas del terreno, tales como desprendimientos o deslizamientos, de manera que



Figura 219. Numerosos quejigares de la provincia de Segovia se asientan sobre laderas cubiertas por coluviones calcáreos y orientaciones de umbría. Quejigares en Otero de Herreros. (Foto: A. Díez)



Figura 220. La distinta dirección a la que se enfrentan las laderas (orientación) influye en el suelo y la vegetación. Las orientaciones sur de los vallejos que surcan el macizo de Sepúlveda son más cálidas y secas que las orientadas al norte. (Foto: Justino Díez)



Figura 221. En Sepúlveda, bajo la carretera de la esquina superior derecha de la imagen (donde se sitúa el mirador del pintor Zuloaga), y sobre un sustrato calizo, se sitúa un pequeño bosque de quejigos. Una 'rotura' en esa ladera desplazó material por debajo del límite de la finca arbolada. La masa deslizada, con forma de lengua, aparece 'dibujada' ahora por los quejigos que han crecido sobre la misma. (Foto: A. Carrera)

unas determinadas especies colonizan de manera preferente los sustratos afectados por los movimientos de ladera (Figura 221).

Si el roble prefiere los suelos ácidos, sabinares y quejigares optan por suelos alcalinos o ligeramente alcalinos. De esta manera, penetran en zonas de la Llanura donde el sustrato les es favorable, llegando a alcanzar las parameras del norte provincial, donde los quejigares pueden ser importantes.

Dentro de la llanura sedimentaria, los arenales de la Tierra de Pinares constituyen en sí mismos un ecosistema y un paisaje asociado a un tipo de sustrato. Estos mantos arenosos son muy permeables, lo que dificulta la retención de agua y favorece el 'lavado' de nutrientes. En estas condiciones de suelos pobres y secos, los pinos resineros y piñoneros se adaptan mejor que otras especies, aunque en una buena parte sean repoblaciones. Si dentro de este dominio arenoso los suelos son un poco más arcillosos, es posible una cierta retención de humedad y nutrientes en el suelo, lo que ha favorecido su utilización para cultivar.

Los cursos fluviales y los bosques de ribera

En el marco Sierra – Meseta recién descrito, los ríos constituyen quizás el ejemplo más claro de condicionante geomorfológico-hidrológico sobre las plantas, constituyendo un hábitat 'azonal', casi independiente de las condiciones climáticas. El factor esencial en la distribución vegetal es aquí la proximidad al agua, de manera que sauces, fresnos, olmos, chopos, alisos, abedules o avellanos se disponen en bandas paralelas a los cursos fluviales, cada uno ocupando distintas posiciones en función de ese factor.

En ese contexto, los ríos segovianos atraviesan casi perpendicularmente las formaciones y estructuras geológicas de la Provincia, quedando afectadas por las mismas. Por ejemplo, en piedemontes y macizos de rocas ígneas y metamórficas, los fondos de valle son estrechos, con pocos sedimentos, mientras que en el dominio de las rocas sedimentarias de las campiñas los ríos desarrollan con mayor frecuencia llanuras aluviales, en las cuales el nivel freático se sitúa a poca profundidad, favoreciendo así el establecimiento de comunidades vegetales directamente dependientes de la existencia de humedad en el sustrato.

Pero además, los cursos fluviales cumplen una doble función como corredores de distribución de especies y como refugios biogeográficos. Respecto a lo primero, el aliso penetra en la provincia a través de los ríos desde el Norte y el Oeste. Otros como la sabina albar, abundante en las lastras calcáreas, es capaz de 'cruzar' la provincia a través de ríos como el Cega o el Eresma. En relación con la segunda función señalada, árboles como el abedul, el pino silvestre o el pino laricio encuentran en las laderas umbrías del Cega, cerca de Cuéllar, un refugio adecuado

geoecología

a sus requerimientos ecológicos. Y el arce de Montpellier se refugia en las márgenes de los ríos Eresma (entre Bernardos y Coca), Duratón (en su recorrido hasta el embalse de Burgomillodo), en la Sierra de Ayllón y en las márgenes de varios ríos y arroyos entre Ortigosa y La Losa. En las zonas montañosas, los encajamientos de arroyos y torrenteras pueden llegar a proporcionar también enclaves más húmedos y umbríos que los de su entorno, como los que acogen los escasos abedulares de la Sierra de Ayllón (arroyo de San Benito, por ejemplo). Otro buen ejemplo lo ofrecen las Hoces del Riaza. En sus laderas más umbrías se refugian especies típicas del norte peninsular, mientras que en las exposiciones más soleadas encontramos plantas típicas de Levante (Costa *et al.*, 1985).

Gleras y canchales

Las acumulaciones de grandes fragmentos de rocas que recubren ciertos sectores de la Sierra son el hábitat de comunidades vegetales específicas. Desde la botánica se distingue entre 'gleras' (cuando los fragmentos de roca son más pequeños) y canchales (compuestos de grandes bloques), por su influencia para las plantas.

En la Sierra de Ayllón, en la cuenca alta del río Riaza, pueden verse asociaciones claras entre canchales de cuarcitas y hayedos. El hayedo de la Pedrosa, por ejemplo, prácticamente 'dibuja' el contorno del canchal (Cancho de La Pedrosa). La explicación parece residir en el hecho de que bajo los grandes bloques que componen los canchales existan materiales más finos y una mayor humedad, lo que



Figura 222. El 'soto' de Madrona, magnífica fresneda adhesionada, se asienta sobre depósitos de origen fluvial del río Milanillos. (Foto: Andrés Díez).

posibilita que las raíces de las hayas obtengan de estas zonas agua y nutrientes. Otro magnífico ejemplo lo constituye la Cancha de los Alamillos, un bosque de álamos temblones asociado a un canchal en la Cuenca Alta del río Eresma. Y en las pedreras situadas en la cabecera del arroyo Viejo aparece una de las mayores singularidades naturales de la provincia de Segovia: un bosque de roble albar, o montano (*Quercus petraea*), una de las especies que caracteriza los bosques de roble 'atlánticos'. La estrecha relación entre la pedrera y estos robles, alguno de ellos centenario, lleva aquí a interpretar dos cosas: por un lado, que el propio canchal constituye el hábitat que posibilita la presencia de este bosque, por conservar una mayor



geoecología

humedad en el subsuelo (al igual que ocurre en la Sierra de Ayllón con muchos hayedos); y por otro, que la existencia de la pedrera ha imposibilitado su sustitución por otros cultivos forestales así como la influencia de fuegos.

Pero lo más común es que canchales y pedreras no constituyan el hábitat de árboles y matorrales, sino de especies herbáceas y líquenes, ya que no existe suelo, sino simplemente rocas. La especialización a ambientes tan extremos e inestables hace que estas especies y comunidades vegetales sean poco comunes, incluso 'endémicas' (es decir, que aparecen exclusivamente en una localización o región), y por tanto que tengan un gran interés botánico.

Tollas, trampales y tremedales

"Los arroyos tienen casi siempre por origen los trampales, que no son otra cosa que turberas en que degeneran por tránsitos insensibles las praderas húmedas. Cuando la turba está mezclada con gran cantidad de agua se llaman tollas, y debe siempre evitarse pasar por ellas, sobre todo a caballo."

(Breñosa y Castellarnau, 1884, p. 259)

A lo largo y ancho de toda la sierra, distintas causas (como la sobreexcavación por glaciares o la existencia de fallas que dan lugar a manantiales) han formado pequeñas depresiones que por su carácter encharcadizo, formando ambientes faltos de oxígeno, desarrollan comunidades vegetales específicas, algunas de las cuales finalmente devienen en turberas (ver páginas 102-107). Es este otro buen ejemplo de hábitat 'azonal' serrano, condicionado por la geomorfología.

El carácter permanentemente húmedo de estas depresiones, y por tanto de 'terreno blando', da origen a sus distintas denominaciones: 'tollas' (de 'atollarse') y 'regajos' y 'reajos' (Regajohondo, Reajo Alto), de significado próximo a 'reguero' y 'regato', y que en sus variaciones, como 'regajío' (González Bernáldez, 1992), refieren zonas encharcadas. También es muy común 'trampales' (de 'atraparse' en ellos, o terrenos 'trampalosos'). En otras regiones a estos terrenos se les denomina 'tremedales' (de 'temblar'), debido a la sensación que se produce al caminar sobre ellos. Y también 'paulares' (del latín *Palus*, pantano, de donde derivan denominaciones genéricas como 'palustre' y 'paludismo'), un nombre de lugar muy extendido en toda la Península, y representado en este entorno por los cercanos valle y monasterio de El Paular.

Tollas, trampales y regajos del Guadarrama tienen su origen más común en la existencia de fracturas (fallas), que se convierten en zonas de descarga de aguas subterráneas (manantiales). Estas surgencias de agua favorecen la meteorización

Figura 223. Canchal de La Pedrosa, sobre el que se asienta el hayedo del mismo nombre. Los grandes fragmentos que lo forman son cuarcitas, y proceden de la rotura de resaltes rocosos en las inmediaciones del collado de Los Lobos, entre el puerto de La Quesera y La Peña de la Silla. (Foto: A. Carrera)

de las rocas del sustrato, que ayudan a que se formen las depresiones, y a que en éstas haya una mayor proporción de arcillas que donde aparecen las rocas. Con mayor frecuencia a mayor altitud, el agua de estos manantiales y zonas encharcadas llega a congelar en invierno. La congelación forma una especie de ‘grandes lentejas’ de hielo, que condicionan el crecimiento de la vegetación en abultamientos del terreno, denominados ‘cesped almohadillado’ y localmente ‘cepellones’. Por ser fuente de paludismo, y por su imposibilidad de aprovechamiento forestal, este tipo de terrenos se desecaban en el pasado.

Los prados de las vallas de piedra y fresno

Al describir el piedemonte del suroeste se hizo mención a una forma del terreno característica, las navas, asociadas a zonas en donde la roca granítica del sustrato estaba descompuesta, hecha arena. En otros sectores del piedemonte segoviano, más al Norte y al Este, las navas llegan a configurar paisajes únicos, quizás de los más valiosos de la Provincia si de evaluar se tratara. Nos referimos al piedemonte del sector centro-sur, más o menos desde Sotosalbos hasta Arcones, y hacia el norte: Santo Domingo de Pirón, Pelayos del Arroyo, Berrocal, Aldeasaz, La Cuesta, Gallegos, Cañicosa, Ceguilla, Sanchopedro, Huerta, Torreval De nuevo, como sucedía en Navas de San Antonio, el tipo de relieve llegó a dar nombre a algunas poblaciones: Navafría y Las Navas, nombre este último de dos despoblados, uno en el término de Navafría y otro situado entre Berrocal y Losana (ver Siguero, 1997). Y por supuesto a multitud de lugares: Navajuelos, Navirueta, Navatatienda, Navalote, Los Navares, La Nava, Cruz de Nava...

Las navas son depresiones más anchas que profundas, de fondo plano. Su origen es casi siempre la existencia de grandes fracturas en el sustrato, de manera que las hay con forma alargada y alongada, pero también con fisonomía cruciforme o en estrella (en planta), allí donde confluyen varias fracturas en el sustrato (zona de Torreval, por ejemplo).

Tienen un carácter casi ‘endorreico’ (cerrado, de manera que las aguas fluyen hacia su interior), si bien suelen estar drenadas por pequeños cursos fluviales. Estos arroyos depositan limos y arcillas, acumulando un recubrimiento que tapiza casi por completo su fondo. Por este motivo, las rocas del sustrato prácticamente no aparecen expuestas.

El carácter casi cerrado de estas depresiones, la existencia de rocas impermeables tanto en el relleno sedimentario (arcillas) como bajo el mismo, y el hecho de que en muchos casos sean zonas de descarga de aguas subterráneas a través de fracturas en el sustrato, son circunstancias que condicionan la existencia de una cierta humedad en estos terrenos. Exceptuando el verano, llegan incluso a inundarse fácilmente, ya que a



Figura 224. Patrón característico de las navas del piedemonte: prados compartimentados por vallas de piedras y fresnos. (Foto: J.F. Martín Duque)

Figura 225. Desde un punto de vista meramente estético, la calidad visual de las navas del piedemonte, con prados siempre verdes, y compartimentados por vallas de piedras y árboles caducifolios, tiene un valor muy alto. Navas en el entorno de Torreval de San Pedro. (Foto: Justino Diez)

geoecología

la descarga subterránea existente en condiciones normales hay que añadirle la acumulación del agua de precipitación y la fusión de la nieve. Entonces, los pequeños arroyos que surcan estas depresiones se desbordan, y forman zonas encharcadas.

Como sucede en las turberas, ese estancamiento de las aguas da lugar a medios casi 'anaerobios' (con falta de oxígeno). Dado que la mayoría de las bacterias que descomponen la materia orgánica son 'aerobias' (necesitan oxígeno), se produce aquí también un mayor aporte de restos vegetales al suelo que el que las bacterias son capaces de descomponer. Si a ello añadimos que la presencia de agua



favorece el establecimiento de vegetación, comprenderemos por qué estos suelos son profundos y ricos en materia orgánica (en comparación con los del árido piedemonte rocoso que bordea las navas). Y también el porqué de sus característicos tonos grisáceos y pardos (propios de ambientes anaerobios) o casi negros (debido a la presencia de mucha materia orgánica).

En definitiva, este condicionante geomorfológico determina un cambio nítido en suelos, vegetación, ecosistemas y aprovechamientos respecto a los de su entorno. Así, mientras el piedemonte se caracteriza por pastizales anuales, y matorrales y árboles propios de ambientes bastante secos (cantuesares, tomillares, encinares...), las navas son soporte de frescos prados, y de arboledas de fresno, sauce y roble.

El tipo de suelo descrito, afectado por procesos de encharcamiento estacional, no favorece el cultivo, pero permite la existencia de unos pastizales de buena calidad, aprovechados desde tiempos ancestrales 'a diente' y mediante siega. Para delimitar la propiedad de estos terrenos, se ha utilizado un tradicional cercado de piedra, que a diferencia del existente en otras regiones muestra aquí grandes huecos entre los bloques, como si quisiera favorecer el paso del viento para evitar su caída. Pero también los árboles que se desarrollan en estas zonas (fresnos, robles, sauces), sirven para dibujar las 'cercas'. El resultado es un paisaje similar al denominado *bocage*.

En las navas, la combinación de unas condiciones naturales singulares y del uso sabio de sus recursos por parte del hombre, han configurado unos ecosistemas y unos paisajes verdaderamente valiosos, esencialmente culturales (con fuerte componente humano), caracterizados por una alta diversidad biológica, por una estética muy atractiva y por un significado ambiental y cultural únicos en el centro peninsular. Como en el caso de las dehesas (y de hecho éste es un sistema adeshado en buena parte de los casos), podríamos decir que nos encontramos ante uno de los ejemplos más notables de aprovechamiento humano de los recursos naturales con el mantenimiento, e incluso diversificación, de su valor ecológico y paisajístico.

El conocimiento y entendimiento de este sistema ecológico y cultural debería permitir su uso y manejo adecuado. Por ejemplo, podría tenerse presente que el carácter cenagoso de estos terrenos representa una limitación importante para la construcción y el desarrollo urbano, industrial y de naves ganaderas. Desgraciadamente, en el entorno de la ciudad de Segovia existen varios ejemplos de abandono de instalaciones como las mencionadas, debido precisamente al encharcamiento estacional del terreno. Por ejemplo, en el Arroyo del Juncal, entre los municipios de Espirido y La Lastrilla. Por otro lado, la elevada capacidad de regeneración de la cubierta vegetal arbórea en estas zonas, debido precisamente al grado de humedad en el subsuelo, podría potenciarse, estableciendo incluso directrices de restauración en navas que no tienen vegetación arbórea.

Figura 226. Cañón del río Cega a partir de Pajares de Pedraza, con forma de 'hocino'. (Foto: Justino Díez)

geoecología



Geomorfología y diversidad ecológica: hocinos y pequeños cañones del piedemonte

Como resultado de la acción combinada de procesos fluviales y cársticos, los hocinos y pequeños cañones del piedemonte tienen una configuración característica, bastante similar entre unos y otros. En sus zonas superiores, las laderas muestran perfiles prácticamente verticales (formando cantiles o cortados rocosos, donde aparece un mayor desarrollo de cuevas) y tramos más tendidos (a modo de talud). Los primeros se forman a expensas de estratos de rocas muy 'duras' (normalmente areniscas dolomíticas y dolomías). Éstas tienen toda una serie de fracturas verticales a partir de las cuales se producen caídas y desprendimientos de grandes bloques, pero siempre manteniendo la verticalidad de las paredes. Las laderas con menos pendiente aparecen donde existen estratos de rocas 'más blandas' (normalmente margas, arenas y arcillas).

Con independencia de la forma de las paredes en sus tramos superiores, la base de las laderas es casi siempre un talud, como consecuencia de la acumulación de los fragmentos de rocas que caen desde los cantiles, denominados taludes de derrubios o coluviones. Finalmente, el fondo de los cañones es plano, debido a la acumulación de sedimentos por parte de los propios ríos. Y sobre esos sedimentos circulan los ríos.

Esta configuración geomorfológica e hidrológica condiciona una gran variabilidad de condiciones ambientales y de hábitat en espacios muy reducidos. Desde el interior del río que suele discurrir por el fondo de estos cañones hasta las cercanas superficies que culminan las lastras, podemos encontrar: (1) ambientes acuáticos en los ríos; (2) ecosistemas y bosques de ribera en las márgenes de los cursos fluviales; (3) huertas, arboledas o praderas en las llanuras aluviales (vegas); (4) árboles y matorrales adaptados a ambientes secos en la base de las laderas (sobre taludes de derrubios y coluviones); (5) ecosistemas rupícolas en los acantilados rocosos; (6) bosques, pastizales y matorrales en los tramos de ladera más tendidos; (y 7) bosques, pastizales, matorrales y cultivos en la culminación de las lastras a partir de las cuales se entallan los cañones. En tan corto recorrido, en muchos casos de sólo unas decenas o centenas de metros, ocurren cambios microclimáticos notables: desde los ambientes frescos y húmedos del fondo de los valles, debidos en parte a la transpiración de las plantas (que actúan como auténticas 'bombas' de agua de los acuíferos aluviales), a cálidos y secos en las plataformas culminantes adyacentes. Esta variabilidad se traduce casi siempre en una diversidad biológica muy alta.

Los primeros pobladores humanos de esta región debieron darse cuenta pronto de las enormes posibilidades para la supervivencia y oferta de recursos naturales que ofrecían este tipo de valles: posibilidades de refugio en cuevas, presencia cerca-



Figura 227. Cortados rocosos y acumulaciones de derrubios a su pie. Laderas del río Viejo, proximidades de Covatillas (Foto: A. Carrera)

geoecología

na de agua en ríos y manantiales cársticos, suelos fértiles en los fondos de valle, bayas y frutos de árboles y matorrales, leñas y madera, abundancia de caza... Todo ello añade un valor adicional a estos espacios, normalmente ricos en recursos arqueológicos e históricos al haber constituido los primeros hábitat humanos de la provincia desde hace centenares de miles de años.

La existencia de cambios topográficos (cantiles, taludes, llanuras de fondo) y de coloraciones (por el tipo de roca y la diversidad de vegetación) en extensiones reducidas de terreno, como ocurre en estos cañones, introduce también una diversidad visual elevada. Es así como dentro de una misma vista panorámica pueden quedar incluidos cursos de agua, bosques de ribera (especialmente coloridos en otoño), praderas, laderas abruptas, espectaculares cantiles rocosos, y/o cultivos y bosques adyacentes.

Paraíso perdido. El Cega atraviesa la Tierra de Pinares

Desde su salida del macizo de Zarzuela, en Lastras de Cuéllar, hasta su confluencia con el arroyo Gerquilla, en las proximidades de Cuéllar, el río Cega ofrece uno de los tramos fluviales más singulares de toda la provincia de Segovia. Se trata de un valle fluvial de casi una veintena de kilómetros de longitud, con dirección general del sureste al noroeste, que se encaja de manera llamativa en la amplia llanura arenosa y forestal que constituye la Tierra de Pinares.

Durante ese recorrido, el río Cega ha excavado un valle estrecho (de 100 a 250 metros de anchura) y relativamente profundo (de 30 a 40 metros de altura media, llegando hasta cerca de 60 metros en el paraje Fuente Mangas). Dicha profundidad es superior al espesor que tiene el recubrimiento arenoso de la Tierra de Pinares, de manera que las rocas sedimentarias que se sitúan debajo de éstas (margas de edad Aragoniense, depositadas hace unos 15 millones de años) quedan al descubierto en la mitad inferior del valle. En definitiva, el valle tiene verdadera forma de cañón o garganta, pero con la diferencia de que está labrado sobre rocas sedimentarias no consolidadas, lo que es aún más singular.

La configuración geomorfológica de este singular tramo fluvial tiene unas implicaciones ecológicas también singulares. Ciertamente, la presencia de un valle estrecho y profundo, de orientación general sureste – noroeste, condiciona que la ladera izquierda del río (orientada hacia el noreste), permanezca casi siempre en umbría (figura 228). A ello hay que añadir que toda esta ladera izquierda constituye una zona de ‘descarga’ generalizada de aguas subterráneas, debido precisamente al encajamiento del río. Esa descarga se produce sobre todo en la superficie de contacto entre las arenas de la Tierra de Pinares (muy permeables) y las margas que se sitúan por debajo de éstas (poco permeables), que aparece más o menos a media ladera. El



Figura 228. La ladera izquierda del río Cega, situada a la derecha de la imagen, constituye una zona de descarga de aguas subterráneas. Unido a su posición de umbría, condicionan la presencia de especies vegetales típicas de la Sierra en plena llanura (Foto: J.F. Martín Duque)

esquema de funcionamiento es sencillo: el agua que precipita sobre la Tierra de Pinares se infiltra verticalmente en el extenso manto arenoso. Al llegar a los materiales situados por debajo se mueve en sentido horizontal, y sale al exterior de manera concentrada (en forma de manantiales) o dispersa (zonas de 'rezume') en aquellos lugares en que la topografía corta el contacto entre margas y arenas. A todo ello habría que añadir, a su vez, que las aguas subterráneas de toda la comarca 'fluyen' hacia el norte, y salen a superficie de manera importante en esta ladera.

La disponibilidad de abundante agua y el ambiente de sombra casi permanente hacen posible la aparición, sorprendente, de masas de pino silvestre o de Valsaín (*Pinus sylvestris*) y pino negral o laricio (*Pinus nigra*), que tienen aquí un carácter relicto (comunidad que se encuentra aislada en una parte reducida respecto de su antigua área de distribución). No solo esto, sino que en las zonas inferiores de la ladera, próximas ya al cauce, aparecen especies típicas de "ambientes nemorales (*cubierto de bosques, selvático*) de bosques caducifolios, medios umbrosos, bordes de cursos de agua y pastos húmedos del pie de sierra o incluso de niveles altitudinales más elevados" (Allué y Ruiz del Castillo, 1992, p. 17). Un ejemplo es el avellano (*Corylus avellana*). Por todo ello, sería éste un espacio merecedor de una estricta protección, y de acceso regulado.

La frondosidad del sotobosque de estas zonas inferiores de la ladera la hacen prácticamente impenetrable, a modo de pequeña –pero verdadera– jungla o selva. Ello debió condicionar que aquellos lugares en los que el río era más fácil de atravesar, o 'vadearlo', quedaran perfectamente identificados: Vado Guijarral, Vado Barcón, Vado Tíerrez, Vado de la Vaca, Vado Sancha...

Pero lo realmente excepcional de la vegetación de este entorno, desde un punto de vista botánico, es la aparición en el fondo del cañón de abedules (*Betula alba*) (véase de nuevo Allué y Ruiz del Castillo, 1992). Lo inusual del emplazamiento se debe a que, en la península Ibérica, los abedules son típicos de zonas de montaña (normalmente más frescas, húmedas y umbrías que el resto del territorio). Por ejemplo, en la provincia de Segovia los abedules sólo forman pequeños bosquetes en la Sierra de Ayllón. Si la presencia de estos árboles en plena 'meseta' es realmente singular (en un entorno cuyas precipitaciones rondan tan solo los 500 l/m²), sorprende también mucho saber que éstos no fueran identificados hasta principios de la década de 1980, y que no se describieran hasta principios del siguiente decenio, debido sin duda a lo impenetrable del fondo de este valle.

Para saber más: Allué *et al.* 1992; Allué (1995); Allué y Ruiz del Castillo (1992); Calonge (1987); García López y Sáiz Garrido (1997); González Bernáldez (1992); Kruckeberg (2002); Luceño y Vargas (1991); Martín Duque (1997); Pérez Badia *et al.* (1998); Sanz Herraiz (1988); Sigüero (1997).

Figura 229. Vista aérea oblicua del río Cega atravesando la Tierra de Pinares. En la imagen se observa muy bien el carácter umbroso del valle. (Foto: Justino Diez)

geoecología



LA FAUNA Y EL TERRENO

Las relaciones entre la fauna y la naturaleza del terreno son normalmente 'indirectas': las rocas y el relieve influyen en el comportamiento hidrológico y edáfico, y éstos junto con el clima en las plantas. A su vez, y de forma mayoritaria, la vegetación y los elementos hidrográficos caracterizan de modo prioritario ese otro artificio que habitualmente denominamos 'ecosistemas': lagunas, ríos, robledales, encinares, sabinars, bosques de ribera...

Existe sin embargo una serie de hábitat para determinados animales que muestran una relación directa con las rocas y las formas del terreno, y que suelen estar asociados a zonas donde el sustrato aparece expuesto en superficie, sin recubrimientos. Estas conexiones están siempre más ligadas a las necesidades de 'vivienda' de la fauna (refugio y reproducción), y con frecuencia tienen reflejo también en la toponimia. Ejemplos de esas relaciones, referidas a vertebrados y a la provincia de Segovia, son los siguientes:

- Escarpes rocosos de la Sierra, normalmente coincidentes con leucogneises, que sirven como lugar de nidificación y posadero de grandes rapaces. Algunos topónimos asociados son: varias 'Peñas del Águila', Peñas Buitreras, Peña del Buitre, Buitrera. Este ejemplo sirve para ilustrar la relación existente en la definición de un término geológico y geomorfológico común: *horst* (o bloque montañoso elevado, ver páginas 136-141), palabra alemana que originalmente significa "lugar alto, entre rocas, utilizado por las aves rapaces para construir su nido".

- Esos mismos escarpes rocosos dentro de la Sierra, en asociación con otros animales: Peñacabra, Las Cabrerizas, Peña de La Cabra, Collado de las Cabras, Peña del Oso, Pico del Lobo, Portillo del Lobo, Cerro del Cuervo, El Nido del Cuervo, Las Corzas.

- Escarpes rocosos en granitos, con funciones similares: Peñasal del Cuervo (Zarzuela del Monte).

- Bolos y torres de bloques (*tor*) graníticos, que sirven como posadero de aves. En este caso es destacable la influencia 'geomorfológica' que ejercen las deyecciones, que favorecen la meteorización química del granito, al acidificar el agua de lluvia que cae sobre la superficie de los bloques.

- Escarpes rocosos en calizas y dolomías. En este caso, las cuevas (formadas por procesos de disolución cárstica) y los 'solapos' (coincidentes con 'juntas' entre estratos o con estratos más fácilmente erosionables dentro de la sucesión estratigráfica) sirven de refugio y lugar de nidificación también a grandes rapaces, como buitres leonados y alimoches, así como a otras especies. Es el caso de córvidos o aviones roqueros (que toman el nombre de esta característica), entre muchos otros. Topónimos relacionados con este condicionante son: Peñas Grajeras o Solapo del Águila.

Figura 230. Nidos de abejaruco en arenas que se depositaron en el fondo de grandes ríos, hace ahora 85 millones de años. Cortados arenosos en una pequeña explotación abandonada, entre Pedraza y La Velilla. (Foto: A. Carrera)

geoecología

- Sucesión de estratos arenosos y calizos, de las series del Cretácico superior depositadas en antiguas llanuras de marea, y que ahora forman repisas, donde anidan pequeñas rapaces como cernícalos y distintos córvidos. En este caso, resulta realmente interesante que representantes del último grupo (como la chova piquirroja) actúen incluso como 'agentes erosivos', al excavar las arenas con sus picos y exagerar los solapos.

- Cuevas de origen cárstico, en calizas y dolomías, que son refugio de numerosos animales: cueva de Murcigallinos (denominación utilizada para referir a murciélagos).

- Cortados verticales en arenas y areniscas, comunes en sedimentos del Cretácico superior, que al ser fáciles de excavar, pero con un cierto grado de compactación al mismo tiempo, permiten la perforación de túneles y cámaras para instalar nidos de algunas aves, como abejarucos (figura 230).

- Los mismos cortados del caso anterior, y suelos arenosos en general, permiten la excavación de madrigueras por parte de muchos mamíferos (como conejos, tejones y zorros). De nuevo los sedimentos arenosos del Cretácico superior son ideales, por su ligera compactación, pero sirve en general para casi cualquier terreno arenoso (como los de campiñas o arenales de la Tierra de Pinares). Su utilización para la instalación de madrigueras se acentúa cuando el terreno está excavado, y se generan por tanto cortados artificiales, como sucede en explotaciones mineras.

Para saber más: Oria y Sánchez Aguado (1999).



etnogeología



Las relaciones existentes entre la geología y las actividades humanas tradicionales han seguido un doble sentido. Por un lado, la naturaleza del terreno ha condicionado irremisiblemente los aprovechamientos del medio. Y por otro, mediante el uso del territorio y de sus recursos abióticos, el hombre ha producido un legado cultural inmenso. Sin embargo, y a diferencia de términos que han seguido una evolución similar (por ejemplo 'etnobotánica'; Blanco, 1998), apenas existe reconocimiento y literatura sobre este tema.

En este capítulo se realiza una primera aproximación a este asunto, centrado en la provincia de Segovia, poniendo de manifiesto una realidad fundamental. Un hilo de transmisión de conocimientos sobre estos temas (oficios y vocablos ligados al aprovechamiento de las rocas, propiedades del terreno, utilización de materiales de construcción, experiencia en localización de asentamientos humanos...), que ha ido pasando de generación en generación, está a punto de romperse. Lo tópico de la conclusión (parece que siempre acabamos escribiendo lo mismo), no debe de hacernos perder de vista la gravedad del tema: la pérdida de un conocimiento que llevó mucho tiempo adquirir y mantener es claramente un paso atrás.

CONDICIONANTES FÍSICOS DE ASENTAMIENTOS HUMANOS

Se dice que la necesidad es la madre de la invención y del ingenio. Si consideramos que durante la mayor parte de la historia la supervivencia ha sido el objetivo primordial de nuestros antepasados, podremos llegar a entender un poco mejor el porqué de determinados asentamientos de nuestra provincia.

Entre los factores que tradicionalmente han condicionado la localización de asentamientos humanos y construcciones en Segovia (pero de tendencia casi universal), cabría destacar los de tipo 'ecológico', 'defensivo' y 'religioso-espiritual' (incluyendo aquí toda clase de creencias y supersticiones de las distintas civilizaciones).

En este contexto, los condicionantes físicos han jugado un papel esencial, y aparece recogido en el propio nombre de muchas poblaciones (lastra, nava, monte...). De ellos llama la atención Montejo de la Vega de la Serrezuela, nombre que no puede ser más expresivo desde un punto de vista geomorfológico: un pequeño relieve elevado, sobre una llanura fluvial, en el contexto de una pequeña sierra.

En combinación con otras disciplinas, la geología y la geomorfología pueden contribuir al desarrollo de hipótesis sobre la ocupación (o abandono) de un determinado lugar. Por ejemplo, entre las características 'geoecológicas' más buscadas por los pobladores de la provincia siempre se encontraron la cercanía al agua (ríos, manantiales o aguas subterráneas a escasa profundidad), la proximidad a terrenos arables y suelos cultivables, donde poder diversificar usos agrícolas, y la protección ante inundaciones o grandes desprendimientos de tierras. Los factores defensivos son sin duda los que guardan una relación más clara con las formas del terreno: cuevas, todo tipo de cerros elevados y promontorios con facilidad para ser fortificados...Templos, ermitas, iglesias y monasterios muestran localizaciones estratégicas relacionadas con cerros, oteros y miradores, abrigos naturales, cursos fluviales, fuentes y manantiales... La localización de muchos molinos, como los de Covatillas o Peñasrubias, ofrecen otro excelente ejemplo de cómo el tipo de río y de terreno han condicionado los asentamientos humanos. Estos dos magníficos molinos aprovecharon las posibilidades que ofrece un tramo fluvial que discurre directamente sobre roca, donde no existe riesgo de variación de la posición del canal tras una inundación (como sucede en los tramos aluviales), y por tanto donde se pudieron construir azudes de derivación que mantenían asegurado el flujo de agua.

El análisis de dichos factores, que en muchos casos aparecen combinados, permite identificar: una serie de localizaciones 'tipo' para toda la provincia, tales como:

Figura 231. La ciudad de Segovia muestra uno de los mejores ejemplos de toda la provincia de asentamiento humano situado estratégicamente con respecto a una serie de rasgos fisiográficos. Situada sobre un promontorio rocoso entre dos ríos que proporcionaban agua próxima, cercanía de terrenos arables (vegas), protección ante inundaciones y una evidente función defensiva. Su cercanía a zonas de bosques y recursos hídricos en la sierra, pastos en el piedemonte y cultivos de cereales completan ese marco. (Foto: A. Carrera)

etnogeología



- Promontorios rocosos entre ríos que proporcionan agua próxima, cercanía de terrenos arables (vegas), protección ante inundaciones y una evidente función defensiva: Segovia, Coca, Pedraza, Maderuelo, Sepúlveda, La Revilla.

- Pequeñas lomas entre ríos (divisorias menores o interfluvios), que aseguran proximidad de agua y al mismo tiempo protección ante inundaciones: Peñasrrubias, Espirido.

- Terrazas fluviales intermedias y altas, en las proximidades de un río principal, que permiten disponer de agua próxima, cercanía de terrenos arables y de nuevo protección ante inundaciones (al no situarse sobre el fondo del valle): Valverde del Majano, Los Huertos.

- Ubicaciones a 'media ladera' de un valle, que como en el caso anterior combinan proximidad de agua y terrenos arables con protección ante inundaciones: Fuentidueña, Bernuy de Porreros.

- Pequeñas elevaciones del piedemonte, próximas a navas y sotos, que suponen abastecimiento de agua, cercanía a prados naturales muy productivos y protección ante inundaciones): Revenga, Palazuelos, Tabanera, San Cristóbal, Trescasas, Torrecaballeros, Navafría, Riaza.

- Ermitas sobre cerros estratégicos: San Cebrián, San Isidro, El Tormejón, Virgen del Castillo.

- Iglesias y ermitas en pequeños promontorios que destacan de su entorno: Ermita de Peñarrubias, Ermita de Veladiez, Iglesia de La Cuesta.

- Ermitas en abrigos naturales: Santiaguito, Santa Engracia.

- Ermitas asociadas a cerros destacados, con carácter 'sagrado': Ermita de San Antonio del Cerro, Ermita del Cristo del Caloco, y Ermita de Nuestra Señora de La Losa.

El olvido de muchos de estos factores en los nuevos desarrollos urbanísticos, que como se sabe no están guiados en muchos casos por el bienestar de las personas, constituye una fuente permanente de conflictos y de pérdidas económicas. Por ejemplo, la expansión urbana de núcleos tradicionales que hábilmente se situaban en pequeñas elevaciones circundadas por navas y sotos, están invadiendo el dominio de éstas últimas, ocasionando problemas de encharcamiento de garajes, humedades, etc. Otros ejemplos son: la invasión de las zonas que son inundables con mayor frecuencia, en las proximidades de algunos ríos, con las consecuencias que todos conocemos; y el trazado de vías de comunicación por terrenos inadecuados (o más bien sin saber que son inadecuados y por qué), que dan lugar a problemas geotécnicos 'crónicos'.

Para saber más:

Ruiz Hernando (1982); Ruiz Hernando (1986); Yoldi (1990).

Figura 232. Ubicación estratégica de la Villa de Fuentidueña, que combina baja peligrosidad natural, función defensiva y proximidad a recursos naturales básicos. (Foto: A. Carrera)

etnogeología



EL TIPO DE TERRENO Y LA ARQUITECTURA POPULAR

La arquitectura popular o tradicional se basa en técnicas constructivas que siguen pautas heredadas durante generaciones, y que han sido perpetuadas merced a su evidente eficacia. Por este motivo también ha sido denominada 'del sentido común' (Sánchez del Río, 1995).

Este tipo de arquitectura, a punto de desaparecer (quizás junto con el sentido común), se adaptó perfectamente al ambiente y a las condiciones circundantes. Sin ser el único factor determinante (clima, herencias estéticas y culturales, tradiciones...), la naturaleza de las rocas y el relieve del terreno circundante (existencia o carencia de unos determinados tipos de rocas, orografía local...) condicionaron de forma decisiva la tipología de la arquitectura tradicional y sus materiales de construcción.

Siguiendo este argumento, no deja de ser paradójico que muchos de los aspectos que hoy se incluyen bajo conceptos vanguardistas e innovadores como construcciones o viviendas 'ecológicas', no sean sino una copia de una manera de actuar que fue común en otros tiempos. La economía tradicional de los núcleos rurales, mayoritariamente pobre, hizo que se aprovecharan de manera preferente las rocas ofrecidas por el terreno más cercano. También debió de ser muy común el reciclaje de materiales, como por ejemplo la reutilización de sillares y mampuestos de edificios anteriores para levantar otros nuevos. Con esta forma de actuar, nuestros antepasados cumplieron una doble función ecológica: ahorro energético y de recursos en la utilización de materiales de construcción, y adaptación al entorno circundante.

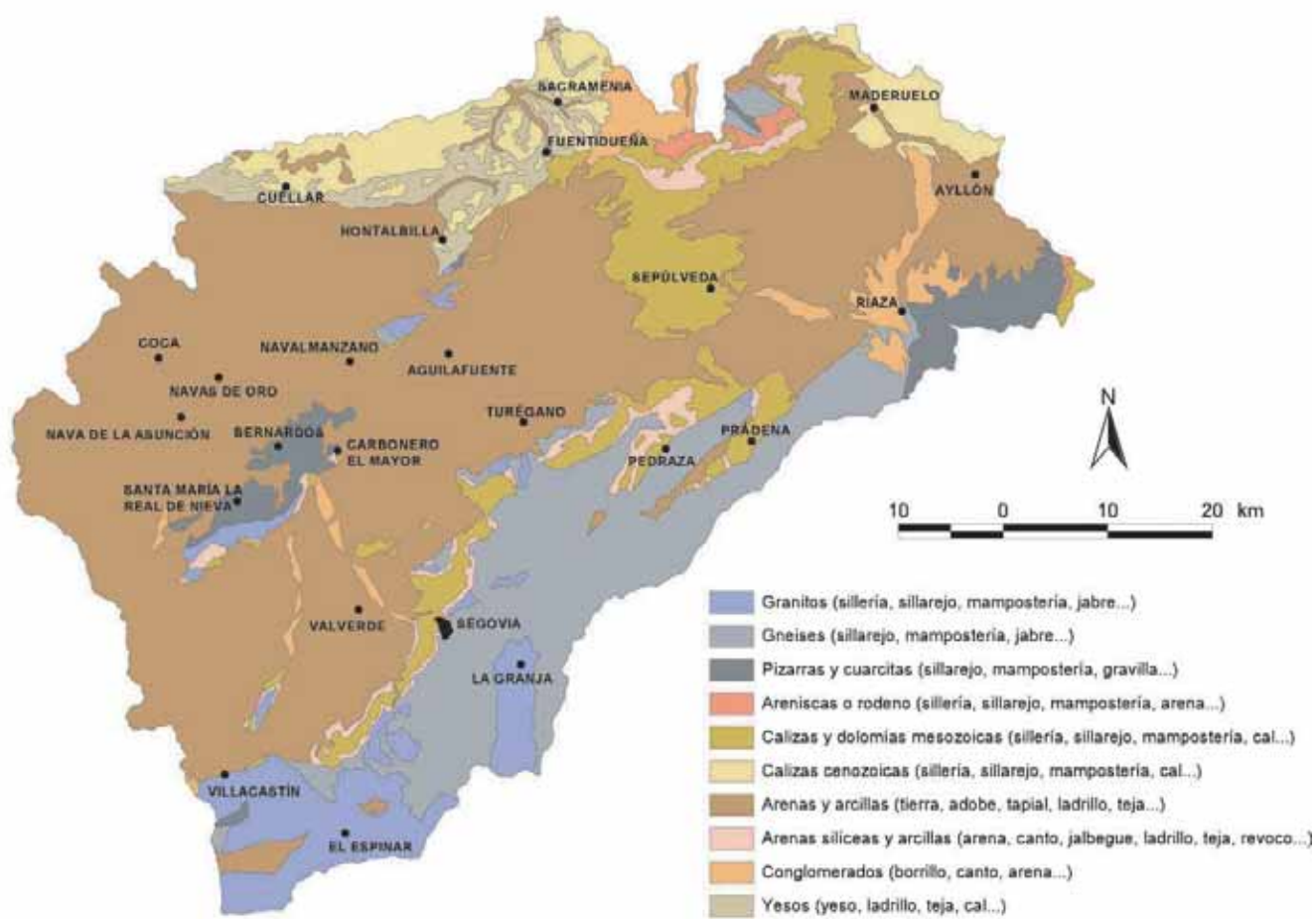
El uso de materiales locales o próximos hizo posible la integración de los núcleos urbanos con la naturaleza geológica de su entorno inmediato, dando lugar a unas comarcas con identidad propia desde el punto de vista de la tipología constructiva. Éstas han sido denominadas 'comarcas constructivas', y no se alejan demasiado de lo que serían unas 'comarcas litológicas'. En algunos casos, el uso dominante de un determinado material en una zona (como la piedra local), fácilmente disponible en los terrenos próximos, dio como resultado conjuntos coherentes y bellísimos, perfectamente arraigados en el paisaje circundante.

En los últimos años se advierte una recuperación de formas populares y tradicionales en nuevas construcciones y rehabilitaciones (lo que se denomina, probablemente de forma desafortunada, estilo 'rústico'). Sin embargo, aunque la intención es buena, se cometen algunos 'errores' (si se nos permite tal expresión) que no serían difíciles de subsanar. Por nuestra deformación profesional, uno de los que más nos llama la atención es la utilización de rocas que nada tienen que ver con las del entorno para la construcción de muros de mampostería. Estamos convencidos que una labor pedagógica por parte de las administraciones obtendría buena acogida entre muchos propietarios que ya tienen una predisposición en este sentido.



Figura 233. El uso dominante de piedra local en mampostería ha configurado núcleos urbanos de extraordinaria coherencia. La Revilla (Foto: J.F. Martín Duque)

etnogeología



Tipos de 'terreno' que aproximan a 'comarcas constructivas' de la provincia de Segovia

Materiales geológicos de construcción tradicional en la provincia

La piedra constituye el elemento básico de construcción en las comarcas serranas, no solo de viviendas, sino de todo tipo de estructuras, como vallas y muros (figura 234). La norma ha sido la utilización de las rocas del entorno más próximo, siempre que éstas tuvieran unas mínimas características de dureza y facilidad para ser trabajadas.

Las arcillas se utilizaron para fabricación de productos 'refractarios', como la teja 'canal' o árabe, baldosas, ladrillos... Se emplearon sobre todo arcillas 'cretácicas', con un cierto contenido en caolinita, también referidas como mazarrón o manzarrón. Se obtenían en lugares que hoy se conocen como 'tovares' (Monterrubio), 'barreras', 'tejerillas' 'tejas viejas' (Zarzuela del Pinar y Fuentepelayo), 'tejas' (Val de San Pedro), y 'barrancas' (por el aspecto que adquirirían con posterioridad a su explotación, al ser erosionadas).

El jalbegue es una arcilla blanca variedad de las anteriores, pero más rica en caolín. Se utilizaba hasta hace pocos años para el enlucido y blanqueo de habitaciones ('jalbegar', ver Moreno Sanz, 1988), y era explotado en 'jalbegueras' o 'albegueras' (Cantimpalos, entorno de Orejana)

La arena se obtenía en las llanuras aluviales de ríos próximos, de afloramientos arenosos, o de fondos de arroyo cercanos. Era utilizada tanto como material de construcción, para la fabricación de morteros de cal (mezcla de arena y cal) o para revocos (cuatro partes de cal y una de arena).



Figura 234. En la sierra y el piedemonte, los vallados de piedra reflejan de manera fiel la naturaleza del terreno circundante, de manera que la observación de estos muros permite determinar el tipo de materiales geológicos del entorno. A) Valla de gneises cerca de Pedraza; B) Valla de calizas y dolomías en La Matilla. (Fotos: A. Carrera)

Figura 235. El adobe, bloques de pequeñas dimensiones (en el centro de la imagen), se utilizaba para los muros de los pisos altos, o relleno de entramados de madera. Y el tapial, pared hecha con barro aprisionado en una gran 'caja' de madera, se utilizaba para muros y tapias de mayor espesor, generalmente en las partes bajas. En la fotografía, adobe y tapial aparecen combinados en la misma estructura, Codorniz. (Foto: A. Díez)



etnogeología

Para la fabricación de morteros y revocos, la cal se obtenía próxima si existían terrenos calizos, o bien se traía de caleras más lejanas (como desde Vegas de Matute).

El barro se utilizaba en cubiertas, sobre la madera y bajo la teja. Constituía un excelente aislante térmico y acústico, al tiempo que absorbía el agua que entraba entre las tejas colocadas a una sola canal. También se utilizaba para la fabricación de tapial y adobe (figura 235): masas de barro sin cocer, a veces mezclada con paja, cal, arena o estiércol para darle consistencia. Se sacaba el barro en vegas próximas a ríos, pero no servía cualquier arcilla. Era imprescindible que el porcentaje de arcilla no llegara al 20 %, y que la proporción de arena fuera superior al 45 % (Sánchez del Río, 1995). En el dominio de las campiñas de sustrato sedimentario predominantemente arenoso o arcilloso, la utilización de tapial y adobe suplió la carencia de rocas y piedras. Más que un remedio por carencia, fue una solución perfecta para los condicionantes climáticos de la Meseta, dada la capacidad de aislamiento térmico (y acústico) del adobe (y del barro en general). Las adoberas constituyen los lugares donde se fabricaba el adobe, y aún perviven en la toponimia.

El porqué de los pueblos rojos y los pueblos negros

Cualquier guía turística editada en las últimas décadas, o folleto de turismo rural, contiene referencias que invitan a visitar los ‘pueblos rojos’ y los ‘pueblos negros’ de la Sierra de Ayllón. En la vertiente segoviana, dichos pueblos están singularizados por Madriguera (rojo) y El Muyo (negro), pero existen otros muchos igualmente llamativos por la coloración de sus construcciones: El Negrodo y Villacorta, entre los rojos; Becerril y Serracín, entre los negros; y Alquité y Martín Muñoz de Ayllón por sus combinaciones cromáticas.

¿A qué se debe este monocromatismo en las fachadas y tejados de los edificios? Evidentemente al empleo de los materiales de construcción de su entorno más inmediato (figura 236), en un buen ejemplo de optimización en el empleo de los recursos naturales, economía de subsistencia e integración en el medio, en un momento en el que no se disponía de medios eficientes de transporte de materiales.

El piedemonte septentrional de la Sierra de Ayllón está constituido por tres grandes conjuntos de rocas: pizarras y cuarcitas, brechas ferruginosas, y conglomerados cuarcíticos, de tipo raña o con intercalaciones arenosas. Cada uno de estos conjuntos condiciona los materiales y la tipología constructiva de las localidades que se ubican sobre ellos o en sus inmediaciones.

El primer conjunto está formado por secuencias de pizarras de diferentes tipos (negras homogéneas, grises y arenosas) correspondientes a la denominada

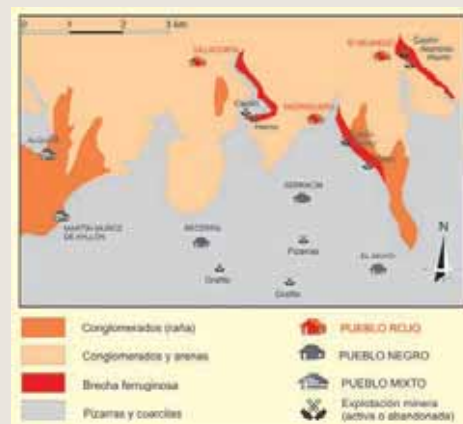


Figura 236. Rocas del sustrato en el piedemonte norte de la Sierra de Ayllón y distribución de los pueblos rojos, negros y mixtos.

Formación Rodada, de edad ordovícica; o alternancias de pizarras (en ocasiones oscuras y ricas en carbono, denominadas ampelíticas) y cuarcitas de edad silúrica. La fácil exfoliación de las pizarras siguiendo los planos de pizarrosidad, y adoptando formas de bloque y laja por las diaclasas que los bordean, ha hecho que históricamente se emplearan como material de construcción de muros de mampostería en seco; además, su moderada densidad y alta impermeabilidad condujo a que las lajas más finas fueran utilizadas en las cubiertas y tejados de forma imbricada. Así se ha hecho históricamente en El Muyo, Becerril y Serracín (figura 237).

Las pizarras grafitosas, que otorgan esos tonos oscuros al paisaje serrano, tienen como origen el metamorfismo de materiales arcillosos acumulados en fondos marinos profundos, con poco oxígeno y sin agitación, en los que fue notable la acumulación de materia orgánica carbonosa, con fosfatos y pirita. En épocas remotas se utilizó el grafito de El Muyo y Becerril para la fabricación tosca de lapiceros.



Figura 237. Ejemplo de arquitectura 'negra', El Muyo. (Foto: A. Carrera)

Las brechas ferruginosas consisten en un conglomerado de cantos angulosos de pizarra y cuarcita, cementado por óxidos e hidróxidos de hierro (hematites, goethita, limonita...). Tienen un origen controvertido: durante mucho tiempo se pensó que eran depósitos arrastrados por corrientes fluviales hasta zonas lacustres; actualmente se tiende a pensar, por el contrario, que se trata de suelos profundos, formados por alteración en climas subtropicales, donde se concentraron los minerales

etnogeología

insolubles (*gossan*). A pesar de ser rocas cementadas y densas, son fáciles de trabajar en sillares, lo que ha permitido que se empleen para los muros y dinteles de los edificios de Madriguera (incluida la iglesia; figura 238), El Negrodo y Villacorta.

El alto contenido en hierro de las brechas ha hecho que se hayan utilizado desde tiempos remotos como fuente de este metal en las ferrerías y forjas locales (forja catalana de Villacorta y molino de la ferrería de Madriguera), tal como lo prueban los numerosos restos de escorias y topónimos relacionados. Además condujo a lo largo de finales del siglo XIX (décadas de 1870 y 1880) y primeras décadas del siglo XX a numerosos intentos de explotación intensiva, estableciéndose minas en los antiguos términos municipales de Madriguera, Becerril, El Muyo, Serracín y El Negrodo. En algunos filoncillos ferruginosos dentro de la brecha se han localizado indicios de oro. Curiosamente, hace décadas estos pueblos fueron escenario del rodaje de una película sobre los conflictos que producía entre sus habitantes el descubrimiento de un yacimiento aurífero.

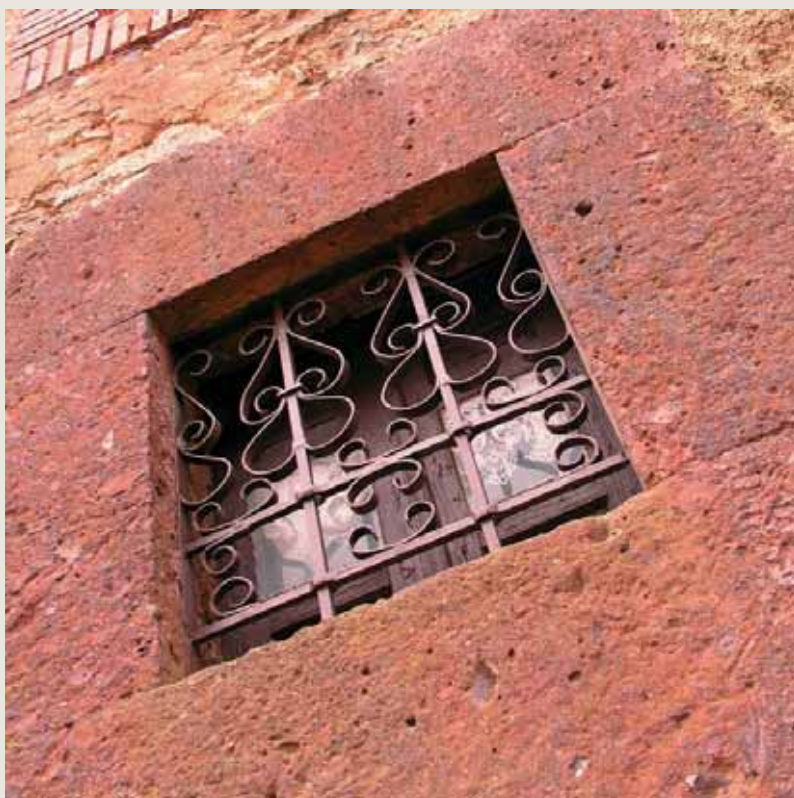


Figura 238. Detalle de arquitectura roja, Madriguera. (Foto: A. Carrera)

Por último, los conglomerados de cantos de cuarcita subredondeados, empastados en matriz de arena y arcilla, de color rojizo, confieren característicos tonos pardo-rojizos al paisaje. De la raña se han aprovechado tradicionalmente los cantos rodados de cuarcita, que se combinaban con las pizarras en los muros



Figura 239. Ejemplo de arquitectura 'mixta': Martín Muñoz de Ayllón. (Foto: A. Carrera)

(Alquité y Martín Muñoz de Ayllón, figura 239); y la matriz areno-arcillosa (denominada localmente 'almazarrón' o 'almagrera'), para la fabricación de los revocos y esgrafiados de las fachadas, obteniéndose acabados en tonos rojo-anaranjados (Madriguera); incluso llegó a emplearse para la fabricación de pinturas.

En definitiva, la ubicación y fisonomía de los pueblos segovianos de la Sierra de Ayllón no es casual. La geología y el conocimiento popular han condicionado una ancestral utilización de las rocas del entorno, retomada y potenciada en las últimas décadas.

Modificación histórica del paisaje rocoso

Con anterioridad a su extracción en canteras 'modernas' (es decir, originando huecos de explotación, lo cual sólo ha sido posible gracias a la aparición de nuevas técnicas), y a su transporte desde grandes distancias, el aprovechamiento de rocas para su uso en la arquitectura popular

se hacía siempre en zonas muy próximas a su destino, y a partir de lugares en los que las rocas estaban expuestas en superficie. Aunque es muy difícil de cuantificar, todo indica que la extracción de rocas ha sido una constante asociada a la ocupación humana. Teniendo en cuenta la gran cantidad de metros cúbicos empleados para este fin a lo largo de toda la provincia tendríamos que llegar a la conclusión de la gran cantidad de roca que se debe de haber extraído de los escarpes y resaltes rocosos del entorno de las poblaciones. Los huecos de estas extracciones históricas, aunque identificables, pueden pasar desapercibidos porque con el paso del tiempo ya han sido 'meteorizados', adquiriendo un aspecto similar a las rocas del entorno.

El aprovechamiento de calizas y dolomías ha sido común en prácticamente cualquier lugar donde éstas aparecían. Así sucedió en las comarcas de Segovia (figura 240 A) y Pedraza, pero también en los macizos, como al norte de Fuentepelayo, en las proximidades de San Gregorio.

El aprovechamiento del granito ilustra bien lo que decimos. Parece ser que, al menos en tiempos históricos recientes, se prefería aprovechar los bolos, que se partían con cuñas, a las lajas de los lanchares. El hecho de que el material procedente de estos bolos y bloques no tuviera unas caras totalmente rectas y lisas importaba mucho menos que en la actualidad, porque los usos históricos (mampostería, vallados de cercados, adoquines) requerían menos perfección en las caras y en las texturas que los usos modernos. Ángel Prados Quemada nos informa que muchas morfologías de tipo 'torre de bloques' fueron canteradas en el pasado cerca de Villacastín. En concreto nos habla de La Piedra de Los Colchones, que formaban dos columnas de tres bloques elongados cada una, y que a juzgar por la descripción que hemos recibido debió ser un ejemplo de *tor* 'de libro'.

Pero también se ha realizado una explotación histórica importante de granitos a partir de lanchares, sobre todo de las lajas más superficiales, ya que profundizar requería abrir huecos mediante el uso de explosivos, lo cual complicaba la explotación (figura 240 B).



Figura 240. Los signos de explotaciones históricas, para su uso en arquitectura popular, son numerosos en las comarcas serranas. A) Restos de aprovechamiento de calizas y dolomías en Espirido. (Foto: J.F. Martín Duque). B) Restos de aprovechamiento de lanchares graníticos en el paraje de Fuente Majada, Zarzuela del Monte. (Foto: A. Carrera)

Para saber más: Barrenechea, Rodas y Arche (1992); Benito (1998); Cañada (1974); Contreras (1999); Cruz y Pedrazuela (1983); Fernández, Rodas y Arche (1991); ITGE (1993); Navarro (2004); Miláns del Bosch (1920); Sánchez del Barrio (1995).

LAS ROCAS Y EL PATRIMONIO MONUMENTAL

Entendemos por patrimonio monumental el conjunto de edificios, obras e instalaciones proyectadas por profesionales (arquitectos, ingenieros o sus equivalentes antiguos) y que poseen un cierto valor histórico y/o artístico, en contraposición de la arquitectura popular, más ligada a pautas heredadas y funcionales (Sánchez del Barrio, 1995). Este valor histórico-artístico se encuentra ratificado en su declaración



Figura 241. Detalles de algunos monumentos construidos con materiales geológicos: Acueducto de Segovia en granitoides paleozoicos. (Foto: A. Carrera)

etnogeología

como bienes de interés cultural (BICs) o conjuntos histórico-artísticos.

Las rocas constituyen un elemento importante en el estudio y conservación del patrimonio monumental de Segovia desde un punto de vista dual y antagónico: como un material de construcción u ornamental, en sí mismas (monumentos troglodíticos y pétreos) o transformadas (tierra, barro, materiales cerámicos, yeso, cal...); y como elemento que sufre importantes procesos de degradación por alteración físico-química, con la consiguiente pérdida del valor artístico del monumento.



Figura 242. Detalles de algunos monumentos construidos con materiales geológicos: Convento de Santa Cruz La Real en calizas y dolomías cretácicas. (Foto: A. Carrera)

Figura 243. Detalles de algunos monumentos construidos con materiales geológicos: Castillo de Cuéllar en calizas miocenas. (Foto: A. Carrera)



De la infinidad de rocas presentes en la provincia de Segovia, sólo una docena de tipos son aptos para ser utilizados como materiales de construcción, bien por su resistencia (granitoides, calizas, cuarcitas, pizarras, gneises...) o por su maleabilidad para ser transformados (yesos, gravas, arcillas, limos...).

Los diferentes tipos de rocas plutónicas del grupo del granito, conocidas genéricamente como granitoides (monzogranito, granodiorita, diorita, sienita...) han sido y aún son utilizadas con profusión en las principales construcciones monumentales de Segovia, tanto para mampostería como en sillería. Su empleo se ha perpetuado en el tiempo, si bien fue utilizado asiduamente en las principales obras romanas (Acueducto de Segovia), en las iglesias gótico-renacentistas del piedemonte de la Sierra (Villacastín, El Espinar, Otero de Herreros...), en los palacios renacentistas de los núcleos urbanos meridionales (Casa de los Picos, Casa del Sello, Casa del Siglo XV, etc.), esquileos de las cañadas reales, y en los reales sitios (Palacios de Valsaín, La Granja de San Ildefonso y Riofrío). De manera secundaria se empleó en los zócalos, dinteles, jambas y aristas de otros muchos edificios, como las iglesias románicas (San Millán de Segovia, San Martín de Segovia...) o en los tajamares y cimentaciones de puentes. Casi todos los granitoides empleados en los monumentos segovianos tienen su origen en canteras ubicadas en la provincia, con una extraordinaria continuidad en el tiempo de su utilización desde tiempos romanos hasta nuestros días (Subdelegación del Gobierno en Segovia). Destacan para su uso monumental, las canteras históricas de Villacastín (variedad 'Gris Villa'), El Espinar, Ortigosa del Monte, La Losa, Segovia, La Lastrilla, Torrecaballeros y Balisa.



Figura 244. Detalles de algunos monumentos construidos con materiales geológicos: Castillo de Coca en materiales cerámicos. (Foto: A. Carrera)

El material utilizado con mayor frecuencia en los monumentos segovianos son las rocas carbonáticas en sentido amplio, incluyendo calizas, dolomías, margas, areniscas dolomíticas y calcarenitas. Existen fundamentalmente dos conjuntos de 'rocas calcáreas' empleadas en las principales obras: las calizas, dolomías y areniscas mesozoicas (fundamentalmente cretácicas), utilizadas en la construcción de infinidad de iglesias románicas (El Salvador de Sepúlveda, San Millán de Segovia, iglesia de Duratón...) y góticas (Catedral de Santa María de Segovia); y las calizas miocenas, empleadas fundamentalmente en monumentos del norte y noreste provincial (Castillo de Cuéllar, iglesias de Cuéllar y Sacramenia, Maderuelo y Ayllón...).

El primero de los conjuntos de rocas calcáreas ('calizas cretácicas'), por su importancia cuantitativa y cualitativa, ha sido objeto de estudios específicos de caracterización (Vegas, 1998; Olmedo, 2004; Olmedo *et al.*, 2004), pudiendo aún reconocerse buena parte de las antiguas canteras, bien gracias a su conservación o a la documentación existente. Muy bien estudiadas están las canteras de la Catedral de Segovia a través de los libros de fábrica (Cortón, 1990), que se ubicaban en los Altos del Parral ('Piedra del Parral'), Zamarramala, Tejadilla y Madrona. También poseen carácter histórico las canteras que explotaban calizas y dolomías en Bernuy de Porreros ('Piedra de Bernuy'), Carbonero el Mayor, Caballar, Villar de Sobrepeña y Aldehuelas de Sepúlveda (variedades 'Rosa Sepúlveda' y 'Amarillo Sepúlveda'), Castrojimeno, Navares de las Cuevas, etc. Durante el siglo XX también se han utilizado en nuevos edificios de la provincia, como la Comisaría de Policía de Segovia ('Piedra del Parral').



Figura 245. Fotografías de algunos monumentos construidos con materiales geológicos: Iglesia de Villacastín en granitoides paleozoicos. (Foto: A. Carrera)



Figura 246. Fotografías de algunos monumentos construidos con materiales geológicos: Iglesia de Aldeanueva del Codonal en materiales cerámicos. (Foto: A. Díez)

Las rocas metamórficas no suelen conformar de forma exclusiva obras monumentales, si bien pueden localizarse en determinados elementos de algunas de ellas, principalmente en cubiertas y tejados de pizarra en edificios desde el siglo XVI (Casa de la Moneda, Alcázar de Segovia, chapiteles de las torres barrocas, palacios de los reales sitios...); también han sido objeto de estudios específicos (García del Cura *et al.*, 2004). La cuarcita y la pizarra, bien como mampostería, bien como cantos rodados, se ha empleado en zonas poco artísticas de los monumentos, como las murallas externas del castillo de Turégano o la muralla de Coca. El gneis sólo se emplea entremezclado con los granitoides en la mampostería de edificios, y más raramente en algunos sillares (Acueducto de Segovia) cuando tienen carácter migmatítico, o sea, cuando el metamorfismo llegó a fundir parcialmente la roca, asemejándose el resultado final a un granitoide.

Casi de forma anecdótica existen monumentos construidos con otros tipos de roca, como las brechas ferruginosas de la iglesia de Madriguera o las areniscas rojas de las iglesias de la comunidad de villa y tierra de Ayllón, y la vertiente septentrional de La Serrezuela (Aldeanueva, Pradales, Honrubia...).

La transformación de las rocas sedimentarias no consolidadas para la fabricación de materiales de construcción cuenta con una enorme tradición en la provincia de Segovia. Por un lado es frecuente el empleo de la tierra compactada (tapial) o el barro (adobe) en la fabricación de algunos elementos menos nobles de los monumentos, como los muros del antiguo castillo de Ayllón. Sin embargo, destaca el empleo de los materiales cerámicos (ladrillo) en el arte mudéjar de iglesias (Aldeanueva del Codonal) o sus elementos (ábsides, torres, puertas...) y en obras monumentales como el castillo de Coca. En obras más recientes destaca su empleo en edificios industriales, como las imponentes chimeneas de las fábricas e industrias de los siglos XIX y XX (La Innovadora, Peladera, Navas de Oro, etc.) o en los propios edificios (fábrica de embutidos El Acueducto, conocida popularmente como 'la choricera'; y Hospital General de Segovia).

En contraposición al empleo de la roca como material de construcción en la arquitectura popular, donde predomina la utilización de los materiales circundantes (del entorno inmediato), la obra monumental permite una disponibilidad de recursos (económicos y mano de obra) que hace posible ampliar la tipología y procedencia geográfica de las rocas. Por ejemplo, las pizarras y cuarcitas que forman la mampostería y el relleno de la muralla de Coca tuvieron que traerse desde el afloramiento más cercano de estas rocas, situado en el Macizo de Santa María la Real de Nieva, a unos 10 km de Coca; las calizas para el claustro de la iglesia de Santa María debieron traerse desde Balisa o Paradinás, a unos 15 km de distancia.

Es frecuente encontrar un contraste entre los edificios populares, hechos de tierra, adobe, madera o ladrillo, y los palacios e iglesias de esos mismos núcleos de

etnogeología

población, construidos en mampostería o sillería de roca, incluso allí donde los afloramientos rocosos están distantes.

Otro hecho curioso es la reutilización de los elementos pétreos (sillares, columnas, dinteles...) en diferentes construcciones a lo largo de la historia. De todos es conocido el empleo de lápidas y lajas graníticas labradas en la época romana, como sillares en la base de la muralla medieval de Segovia; la inclusión de berracos prerromanos de granito en la base de la Torre de Hércules o en los muros del castillo de Coca; o la reutilización de capiteles, columnas y canecillos románicos en los palacios renacentistas, cuya singularidad en ocasiones da nombre a lugares (calle del Ángel en Segovia).

La roca también es el elemento constructivo fundamental en los monumentos trogodíticos, esto es, excavados o labrados en la roca (hipogeos o rupestres). No obstante, estos no son abundantes en la provincia de Segovia que, a diferencia con otras próximas (Palencia, Burgos, Soria...), tan sólo presenta ejemplos de ermitas y santuarios con habitáculos excavados, como Los Siete Altares (Hoces del Duratón), Santiaguito (valle del río Pirón), San Valentín (Hoces del Duratón), el Camarín de La Fuencisla y el cementerio judío del Pinarillo (Segovia), todos ellos labrados en las calizas y areniscas dolomíticas cretácicas. Más frecuente es el empleo como soporte de las manifestaciones artísticas, tanto petroglifos (Domingo García) como pinturas murales (solapos del Duratón, cuevas de La Griega, Enebralejos, etc.). En el caso de los petroglifos del Cerro de San Isidro (Domingo García), se han realizado estudios específicos sobre las características y disposición de la roca como condicionante de la ubicación y disposición de los grabados (Martín Escorza, 1999).

Respecto a la utilización de las rocas como material ornamental, se da un neto predominio de la labor escultórica (estatuas, escudos, arbotantes, canecillos...) y del uso principalmente de diferentes variedades de las calizas cretácicas, más fáciles de labrar; puntualmente se emplean otros materiales, como la pizarra en las ventanas góticas del palacio del Conde de Alpuente, o los alabastros de los ventanales románicos y escultura neoclásica. Para estos usos se encuentran en el patrimonio monumental segoviano infinidad de materiales traídos desde otras localidades españolas e incluso extranjeras, como da buena muestra el lapidario que se utilizó en la Catedral de Segovia para el ornato del Altar Mayor (Tárraga, 2002).

En las últimas décadas se han realizado numerosos trabajos sobre la caracterización de la degradación que sufren los elementos pétreos de los monumentos segovianos: las iglesias de San Quirce y San Clemente en Segovia (Martín-Gil *et al.*, 1989), el claustro de la iglesia de Santa María la Real de Nieva (Martín-Gil *et al.*, 1989; Fort y Rodríguez, 1996; Rodríguez y Fort, 1996), la Casa de los Picos (González y Álvarez, 1997), el Palacio de Riofrío (López de Azcona *et al.*, 1999), las rocas carbonáticas cretácicas de varios monumentos (Vegas, 1998) y el Acueducto



Figura 247. Fotografías de algunos monumentos construidos con materiales geológicos: Iglesia de Madriguera, en conglomerados ferruginosos. (Foto: A. Carrera)



Figura 248. El Santuario de la Virgen del Henar está construido con calizas de los páramos, lo que le confiere su característico color blanquecino. (Foto: A. Díez)



Figura 249. Fotografías de algunos monumentos construidos con materiales geológicos: Plaza de toros de Santa María la Real de Nieva, en pizarras. (Foto: A. Díez)

de Segovia (Fernández, 1989; Angoloti y Fort, 1994 y 1995; Fort, 1994a, 1994b, 1994c y 1996).

Para saber más: Angoloti y Fort (1994) ; Angoloti y Fort (1995); Cortón (1990); Cortón (1997); Fernández (1989); Fort (1994a); Fort (1994b); Fort (1994c); Fort (1996) ; Fort y Angoloti (1995); Fort *et al.* (1996); García del Cura *et al.* (2004); González y Álvarez (1997); Jurado (2001); López de Azcona *et al.* (1999); Martín Escorza (1999); Martín-Gil *et al.* (1989); Olmedo (2004); Olmedo *et al.* (2004). Rodríguez y Fort (1996); Sánchez del Barrio (1995); Tárraga (2002); Vegas (1998).

El 'granito' del acueducto

A pesar de la ingente bibliografía que existe sobre el Acueducto romano de Segovia, su construcción y obras de reparación, apenas se ha abordado el estudio de la naturaleza y origen de los materiales pétreos con los que está construido.

Así, parece totalmente asumido por los estudiosos que la roca de los sillares es granito y que su procedencia son los afloramientos rocosos situados en las inmediaciones de la ciudad. Sin embargo, estas afirmaciones precisan ser matizadas y puntualizadas.

Sobre la naturaleza de la roca de construcción

Infinidad de libros, guías y folletos turísticos recogen de forma genérica que la roca que forma los sillares de la parte monumental del Acueducto es granito, o roca granítica. Sin embargo, un simple reconocimiento visual de la superficie de los sillares permite diferenciar una multitud de tipologías de rocas, tanto por su composición mineralógica, estructura, textura, coloración...

Para los estudios de la primera fase de la intervención de 1992-1999, se estudió en profundidad el material constructivo. Se extrajeron 21 muestras de los sillares, que se clasificaron como *granito de grano grueso*, atribuyéndose una escasa calidad constructiva al presentar una resistencia de compresión media del orden de 230 kg/cm²; también se analizaron las canteras y tolmeras de granito similar, donde la resistencia de la roca ascendía a 800 kg/cm² (Rivera, 2002).

Alonso (1995) ya indica que “*Se usaron varios tipos de granito...*”,



Figura 250. Lapidario de la Catedral de Segovia, usado en el siglo XVIII para seleccionar las rocas ornamentales del retablo mayor. (Foto: A. Díez)

para posteriormente proponer “*Tal vez un análisis detenido de los tipos de piedra, para cotejarlos con muestras de varias canteras, pueda ayudar a la identificación irrefutable de sus procedencias*”.

En sentido petrológico, el granito es una roca ígnea plutónica (se formó por enfriamiento del magma en el interior de la Tierra) con una determinada composición mineralógica: entre 10 y 60% de cuarzo; entre 20 y 80% de feldespatos potásicos (ortosa y/o microclina); y entre 10 y 70% de feldespatos calco-sódicos o plagioclasas (albita-anortita). Toda roca plutónica que se salga de estos intervalos composicionales puede ser denominada roca granítica o granitoide (=“*parecido o semejante al granito*”), pero científicamente no es granito. Esta clasificación, internacionalmente aceptada, se representa mediante un triángulo en cuyos vértices están los tres grupos de minerales componentes: cuarzo (Q), feldespatos potásicos (A) y plagioclasas (P).

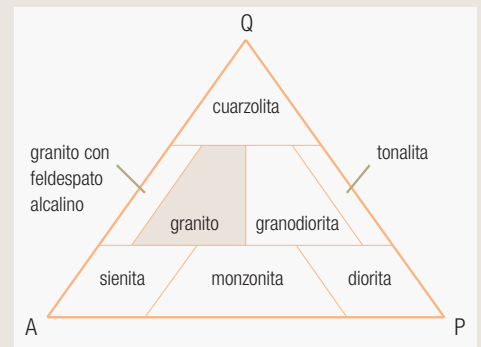
Muchas de las rocas de los sillares del Acueducto cumplen esos porcentajes, por lo que caerían en el campo de los granitos *sensu stricto* (también llamados monzogranitos o adamellitas), pero muchas otras tienen un contenido mayor de plagioclasas, con lo que serían granodioritas, tonalitas o dioritas; o menor de cuarzo, con lo que serían monzonitas o sienitas.

Algo semejante ocurre con las texturas (relación entre los tamaños de los granos o cristales que constituyen la roca), estructura (disposición geométrica de dichos elementos) y tamaño de grano y/o cristal, que presentan una notable variedad en los sillares. Predomina la textura porfídica, en la que un mineral, normalmente los feldespatos potásicos, presenta cristales de mayor tamaño que el resto, como tabletas rectangulares de color blanco.

Todos los granitos del Guadarrama se asocian a la orogenia Hercínica, evento de formación de montañas acontecido en el Carbonífero (Paleozoico superior, entre 350 y 250 millones de años). Algunos se formaron simultáneamente a dicha orogenia (sincinemáticos), pero en su mayor parte son tardíos (tardihercínicos), con edades entre 320 y 245 millones de años.

Sobre el volumen de roca

Tampoco existe un acuerdo generalizado sobre el volumen de roca necesario para construir la parte monumental, aunque las cifras barajadas oscilan entre los 7500 y los 8500 m³.



Para Aurelio Ramírez Gallardo (Ramírez, 1975), el Acueducto monumental tiene unos 20.400 sillares, que con un volumen medio de $0,36 \text{ m}^3$, totalizarían unos 7.500 m^3 de roca. Este valor es recopilado por Alonso (1995).

La aplicación de las nuevas técnicas de análisis permitió estimar en 24.715 los sillares visibles, más unos mil sillares ocultos. Asumiendo un volumen medio de $0,326 \text{ m}^3$ por sillar, totalizaría unos 8.394 m^3 ; el peso ascendería a unas 22.250 toneladas, mamposterías al margen (Rivera, 2002).

Sobre la procedencia

En lo referente a las canteras de origen de la roca, Alonso (1995) afirma:

"No se conocen los lugares exactos de donde se ha extraído la piedra, abundante desde el Azoguejo hacia el Sur, en la sierra, en general. Se usaron varios tipos de granito, por lo que no deben buscarse en un solo lugar las grandes canteras necesarias para obtener los 7.500 m^3 , que sería aproximadamente el volumen de piedra usada en la construcción. Probablemente se trate de extracciones más o menos pequeñas, quizá numerosas, rellenas de tierra posteriormente, o incluso ocultas por las casas o los productos de desecho de la labra, situadas a distancias cortas y en los lugares más cómodos para ello. También se ha hablado de que pudieron haberse trabajado los numerosos bolos de granito meteorizado que tuvo que haber casi a pie de obra, y en una zona cercana, en la salida de la carretera de Soria. No es descartable, aunque no parezca la solución más adecuada, debido a la mayor dureza de esos materiales. El paisaje pudo ser similar al que encontramos hoy en las laderas de la falda Norte de la sierra, con esos canchales y bolos superficiales tan característicos, semiocultos por la vegetación".

Existen diversos afloramientos en el entorno de la ciudad de Segovia (en un radio de unos 20 km) a partir de los cuales se podrían haber extraído los granitoides del Acueducto y que, en orden de proximidad al monumento, son (ITGE, 1991): Segovia meridional (Santa Eulalia-San Justo), Segovia septentrional (San Lorenzo), arroyo Tejadilla, arroyos Cigüñuela-Juncal (La Lastrilla), Bernuy de Porreros, El Berrocal-San Medel (Valseca de Boones), Torrecaballeros, La Granja de San Ildefonso, La Losa, Ortigosa del Monte-Otero de Herreros, y Peña del Hombre.



Figura 251. Bloques de granito en El Sotillo, La Lastrilla, donde se supone proceden buena parte de los granitoides empleados en la construcción del Acueducto de Segovia. (Foto: A. Carrera)

etnogeología

Como puede verse en la tabla adjunta, cada uno de los afloramientos tiene algún aspecto petrológico semejante al de las rocas del Acueducto, por lo que no hay que descartar que haya sillares procedentes de varios de ellos, y más considerando las sucesivas restauraciones y reconstrucciones que ha sufrido a lo largo de la Historia.

	Tipo composicional de granitoide				Tipo textural de granitoide			Tamaño de grano		
	Leucogranito Cuarzogranito	Granito		Granodiorita	Homogranular Equigranular	Heterogranular		G	M	F
		Monzogranito	Adamellita			Inequigranular	Porfídico			
Acueducto		X	X	X		X	X	X	X	
Segovia			X	X		X	X	X	X	
La Lastrilla			X			X			X	X
Bernuy	X				X				X	X
Valseca			X	X		X			X	X
Torrecañales	X				X				X	X
La Granja			X				X	X		
La Losa	X		X		X				X	
Ortigosa		X	X			X	X		X	
Peña del Hombre		X	X		X			X		

Por proximidad geográfica, el afloramiento de Segovia septentrional parece ser el idóneo, aunque por las características petrológicas semejantes parecen estar más ajustados los afloramientos de La Granja de San Ildefonso y Ortigosa del Monte-Otero de Herreros.

Sobre el proceso de extracción

En cuanto a la extracción del material, se han planteado dos posibles alternativas:

1) Extracción en canteras aprovechando relieves graníticos (domos y lanchares) o mediante profundización en zonas llanas; así lo indicarían las huellas de cuñas de madera en las aristas de los sillares, algunas desaparecidas durante la labra de acabado o por erosión posterior.

2) Canterado selectivo de los bolos y tors graníticos; las cuñas podrían haberse utilizado en las diaclasas y juntas de los bolos graníticos para desgajarlos. En esta hipótesis, ya planteada por Ramírez (1975), se alinean Domínguez y Pampillón (2000).

Existen restos históricos de canteras de granito en diversas partes, destacando las ubicadas en las márgenes del arroyo Ciguiñuela (La Lastrilla) y en el berrocal de Ortigosa del Monte.

Sobre la meteorización de las rocas en el monumento

Ejemplos de meteorización esferoidal y desagregación granular pueden verse en casi cualquier exposición de roca, y de manera muy clara en monumentos antiguos. El proceso es similar al descrito para la formación de bolos y bloques (ver página 156), si bien existe una diferencia fundamental: la mayor parte de los bolos y bloques graníticos que hoy vemos en la superficie se formaron inicialmente bajo la superficie terrestre, donde fueron meteorizados. Después, el material arenoso resultado de la meteorización fue evacuado o retirado por erosión (fundamentalmente de las aguas corrientes). En cambio, la meteorización esferoidal de monumentos, de la cual el acueducto de Segovia proporciona un ejemplo inigualable, se produce en condiciones atmosféricas. En este caso, sucede que los minerales que componen el granito se separan unos de otros al meteorizarse, produciendo un material arenoso que se cae con facilidad. De esta manera, a este proceso se le denomina de manera más apropiada desagregación granular.

Cuando se construyó el acueducto, los bloques que lo componen debieron tener caras planas bien definidas (formas cúbicas y paralelepípedicas), encajando unos con otros con precisión. En la actualidad, la práctica totalidad de los bordes y esquinas de estos bloques tienen un aspecto redondeado, otorgando a los bloques una apariencia a mitad de camino entre su configuración inicial y formas elipsoidales o esféricas. Altamente ilustrativo resulta el hecho de que los bloques de aquellas zonas del acueducto que han sido reconstruidas (El Salvador) presenten un menor grado de redondez, de donde se interpreta la importancia que tiene el tiempo como factor en la meteorización.

En el caso del acueducto, la alteración (descomposición) de los minerales que componen la roca granítica se ha producido fundamentalmente por el agua de lluvia. La mezcla del agua de lluvia con el CO₂ y

etnogeología

otros residuos procedentes de las calefacciones y el tráfico (NO_x y SO_x), sin duda deben haber acelerado el proceso natural de meteorización, si bien es difícil determinar en qué porcentaje.

Para saber más: Angoloti y Fort (1994); Angoloti y Fort (1995); Díez y Martín-Duque (1993); Domínguez y Pampillón (2000); Ramírez (1975); Rivera (2002); Zamora (1995).



Figura 252. Fotografía de algunos sillares del Acueducto de Segovia, donde se reconocen los diferentes materiales empleados en su construcción y reparaciones, y el aspecto redondeado consecuencia de su alteración. (Foto: A. Díez)

EL APROVECHAMIENTO DE LAS ROCAS Y LOS RECURSOS MINERALES

Historia del aprovechamiento de los recursos minerales en Segovia



Figura 253. Bifaz paleolítico tallado en cuarcitas procedentes del macizo paleozoico de Santa María, recogida en un yacimiento arqueológico de Armuña. Museo de Segovia. (Foto: A. Carrera)



Figura 254. Útil prehistórico pulido en sillimanita (variedad fibrolita) procedente de Somosierra (¿Cerezo de Arriba?), recogida en un yacimiento arqueológico de Armuña. Museo de Segovia. (Foto: A. Carrera)

La explotación de los recursos minerales en la provincia de Segovia abarca desde tiempos prehistóricos hasta nuestros días. Aunque buena parte de la historia de la minería segoviana se vincula a la explotación de las menas metálicas (desde la Edad del Bronce hasta la década de 1970), las actividades mineras *sensu lato* comenzaron en el Paleolítico y se prolongan hasta hoy en día, centradas en los minerales industriales (arenas feldespáticas y silíceas, paligorskita...).

Los antecedentes más remotos que tenemos de actividades mineras probablemente se relacionan con la recolección y extracción de minerales y rocas para la fabricación de útiles pétreos durante el Paleolítico y el Neolítico. Así, en muchos puntos de la provincia (Roda de Eresma, Ayllón, Estebanvela...) se han encontrado bifaces, hendidores y triedros fabricados en sillimanita, sílex o cuarcita, lejos de los puntos donde afloran estos materiales. Debió existir una incipiente actividad minera para la obtención de la variedad fibrolita de la sillimanita en las laderas y lechos de los ríos del piedemonte de Somosierra (Cerezo de Arriba), a juzgar por la difusión que dichos materiales adquirieron en todos los núcleos de poblamiento de la Provincia. Igualmente se extrajo sílex y otras variedades de la sílice de los nódulos existentes en las calizas del entorno de Maderuelo. De forma más generalizada, los cantos rodados de cuarzo y cuarcita eran recogidos en las orillas y terrazas de los principales ríos (Duratón, Serrano, Riaza...), y de los materiales de la raña en el piedemonte de la sierra de Ayllón (Riaza) o la Serrezuela (Aldeanueva).

Una segunda fase de actividad minera incipiente se centró en la obtención de ocre para la realización de las pinturas e inscripciones en cuevas (solapos del Duratón, Sepúlveda; La Griega, Pedraza), así como para la decoración de los productos cerámicos (pigmentos). Se trataba fundamentalmente de óxidos e hidróxidos de hierro (almagres) y manganeso que se extraían en el piedemonte de la sierra de Ayllón (Madriguera y El Negredo), las zonas de alteración de los filones mineralizados de la sierra de Guadarrama (Otero de Herreros), y las costras ferruginosas cretácicas (Pedraza y su entorno). Algunos de estos pigmentos han sido recientemente analizados, detectándose el empleo de diferentes minerales (hematites, goethita, limonita, pirolusita...) según la coloración deseada, y la técnica y temperatura de cocción a emplear (Estremera y del Valle, 1999).

Durante la Edad del Bronce (Calcolítico) ya debió realizarse un incipiente aprovechamiento de los yacimientos de cobre allí donde existían en superficie menas de metales nativos, carbonatos (malaquita y azurita) y óxidos (casiterita), como Otero

etnogeología

de Herreros y San Rafael, de donde procederían buena parte del cobre y el estaño para la fabricación del escaso número de objetos de bronce y cobre encontrados en yacimientos arqueológicos de la Provincia (Donhierro, y cuevas de Casla, La Vaquera y Los Enebralejos), e incluso de las colindantes (Las Cogotas y Sanchorreja, Ávila).

Un salto significativo en el empleo de los minerales y la difusión de las técnicas metalúrgicas supuso el inicio del empleo del hierro. La enorme abundancia de este elemento en Segovia, formando diferentes minerales y yacimientos, propició un rápido aumento de la actividad minera. A buen seguro, las brechas ferruginosas del piedemonte de Somosierra fueron objeto de explotación desde la Edad de Hierro a las ferrerías que han subsistido hasta bien entrado el siglo XX. Las piezas de hierro (espadas de antenas, puñales, broches...) de yacimientos arqueológicos como Ayllón, Coca, Segovia, Sepúlveda, Cuéllar, San Miguel de Bernuy, Torreiglesias... procederían fundamentalmente de una incipiente actividad minera en los yacimientos del oriente provincial.

El siguiente paso importante en la actividad minera viene de la mano de la dominación romana. Los romanos aprovechan los conocimientos y yacimientos explotados desde antiguo por los pueblos autóctonos (vacceos, arévacos, vetones y carpetanos), mejorando las técnicas de aprovechamiento y los sistemas de comercialización de los metales. Son varios los yacimientos de la provincia en los que se nota la impronta romana, como los restos de escoriales de cobre en San Rafael o las labores de minería de plata y plomo en Riaza y Cerezo de Arriba; pero entre todos destaca con diferencia el yacimiento del Cerro de los Almadenes (Otero de Herreros). Al menos por espacio de medio siglo, entre los años 10 a.C. y 40 d.C., se realizaron intensas labores de extracción de mineral de cobre y su transformación mineralúrgica en fundiciones, generando residuos mineros (escoriales) cuyo volumen (unos 250.000 m³) da idea de la importancia de las explotaciones. No es descartable que en los hornos del Cerro de los Almadenes se fundiera mineral procedente de otras minas próximas, ubicadas en San Rafael, arroyo Zancado (Vegas de Matute), El Soto (Revenga), etc. Algunos historiadores han llegado a relacionar la pujanza de la ciudad de Segovia y la construcción del Acueducto con la necesidad de afianzar las rutas comerciales de los metales producidos en estos yacimientos.

Poca información existe sobre la minería segoviana en época visigoda y durante la dominación musulmana. Tan sólo se ha citado la continuidad en la explotación de algunos yacimientos del periodo romano, con los que se relacionarían asentamientos y plazas fuertes; buena prueba de ello es la pervivencia de topónimos de origen árabe como Almadenes (= las minas), para el cerro donde se ubicaba la fundición romana de cobre de Otero de Herreros. Otro rasgo en el que se han visto reminiscencias árabes es la forma de determinados pozos y galerías



Figura 255. Fragmentos cerámicos que conservan restos de pigmentación con ocre (almagres) de naturaleza mineral, procedentes de la Cueva de la Vaquera. Museo de Segovia. (Foto: A. Carrera)



Figura 256. Carta de Alfonso VII al concejo de Ayllón recriminándoles que no dejen extraer hierro en las minas del entorno de Riaza a los hombres del obispo de Segovia. Archivo de la Catedral de Segovia, Códices, nº B-329 (año 1139-1157).

de secciones poligonales (cuadrada o hexagonal), reaprovechados durante el siglo XIX en San Rafael y Otero de Herreros.

La repoblación acontecida durante la Edad Media conllevó un nuevo auge de la minería, centrada fundamentalmente en el hierro, cobre, estaño y la búsqueda, en general infructuosa, de metales preciosos (oro y plata). El propio Fuero Breve o Latino de Sepúlveda, confirmado por Alfonso VI en el año 1076, es el primero que alude, no directamente a los yacimientos metálicos, pero sí a “algo bajo tierra”: “*Qui auer inuenerit-subtus terra, nichil det inde regi neque senior*” (Fuero de Sepúlveda, título 20). La indefinición del término “*auer*” es tal, que podría aplicarse también a las vetas minerales (Sánchez, 1989). El Fuero Extenso, confirmado en 1305, sí que hace referencias a filones de plata, hierro y de cualquier metal (títulos 1 y 2), así como de canteras y yeseras (títulos 167 y 168).

Quizás el documento escrito más antiguo que se conserva en el que se hace mención explícita a la minería en Segovia, sea una carta de Alfonso VII al Concejo de Ayllón para que no contraríen al obispo de Segovia en Aldea de Herreros, ni en sus bienes ni en sus hombres (Villar, 1990). El manuscrito, fechado entre los años 1139 y 1157, se encuentra en el Archivo de la Catedral de Segovia (Códices, nº B-329), y nos fue facilitado por el Dr. Bonifacio Bartolomé. En esta carta, el Rey solicitaba al Concejo de Ayllón que deje de impedir la explotación de la “*vena de hierro*” a los moradores de Aldea de Herreros, nombre medieval que recibía la localidad de Riaza antes del siglo XIII (Siguero, 1997), cuyo beneficio había sido donado por el Rey a la Catedral de Segovia y a su Obispo Pedro.

En general, la actividad minera durante el Medievo es un complemento económico a las actividades agrícolas y ganaderas, a la que se dedican los repobladores de menores recursos económicos en época de carestía o de menor intensidad de las labores del campo. Ello conlleva una escasa especialización y mínima capacidad de innovación en las explotaciones y en el análisis de las menas. De esta circunstancia se hacen eco los escritos de la época:

“... y por ser como son necesitados, a su costa no se an hecho aueriguaciones, ni se a podido saber si lo que así registran es metal, oro ni plata, y por no aver aquí maestros mineros peritos en el arte que bien lo sepan declarar y las pocas que se an podido probar y ensayar a costa de las partes que las registraron se an ensayado y probado por como hes una en el valle de loçoya a do dicen Majaserranos, en la qual hes casi no nada la plata que della salió...”

AGS, Consejo y Juntas de Hacienda, Legº 155, fol. 6

Aún así, el registro de minas de Castilla y Navarra incluye varias explotaciones en Segovia: El Espinar (cobre), San Rafael (cobre y estaño), Villacastín (cobre), Otero

etnogeología

de Herreros (cobre) y Pedraza (estaño). En carta de 23 de mayo de 1417, Fernando Sánchez y Fernando de Robledo participaron al rey Juan II que habían hallado un venero de “*margajitas argénteas*” en “*tierra de Aillon*”, cerca del puerto que dicen de La Vieja (González, 1832; Cortázar, 1891).

En el inicio de la Edad Moderna, el número de yacimientos cuya explotación está constatada documentalmente, entonces integrados en la Comunidad de Ciudad y Tierra de Segovia, es abundante (Sánchez, 1989). En el periodo 1550-1570 se explotan minas de plomo argentífero en Majaserranos, Rascafría, Valdehondillos y Lozoya. En el periodo 1585-1600 se abren minas en Cerezo de Arriba de cobre (*caparrosa*), plomo (*alcohol-barniz*) y plata; y en Huerta de salitre.

La nueva Casa de la Moneda, implantada por Felipe II en Segovia, demanda gran cantidad de metales para acuñación de moneda. Por ello, a finales del siglo XVI y principios del XVII, los propios trabajadores de la Casa se lanzaron en busca de minas en el entorno de la Ciudad, centrándose en el pueblo serrano de Becerril (AGS, Consejo y Juntas de Hacienda, Leg^o 28, fol. 22).

En 1556, cuando la fiebre minera parece haber llegado a Segovia, el corregidor de esta ciudad informaba a la Corte:

“... en esta ciudad y su tierra ay mucha necesidad y la gente está pobre, andan muchas jentes a buscar las dichas minas por los montes, sierras y términos de dicha çibdad”.

AGS, Consejo y Juntas e Hacienda, Leg^o 18, fol. 12

Por este motivo, en ese año se dio licencia a diversos particulares para buscar minas durante ciento veinte días en término de la ciudad de Segovia.

El *Registro y Relación General de minas de la Corona de Castilla* (González, 1832) sirve de buen inventario de las explotaciones registradas y abiertas durante los siglos XVI y XVII en Segovia: oro, plata y otros metales en Navafría (año 1557); Venta de Santillana en Segovia (1570 y 1574); plata, cobre y otros metales en Rioseco y Las Hontanillas, Cerezo de Arriba (1585 y 1589); plata y plomo en El Retamal, San Pedro y La Huelga, Cerezo de Arriba (1587, 1588 y 1589); plata y cobre en San Benito, Riaza (1587); Campo Azálvaro en El Espinar (1588); cobre y plata en las minas *Nuestra Señora de los Remedios*, *Madre de Dios*, *San Francisco* y *Santa Catalina de Siena*, de Otero de Herreros (1601); mina de cobre *San Diego*, en el camino de Madrid, Segovia (1601); antiguo castillo de Segobivela, Carrascal (1628); plomo, cobre y plata en el camino de Segovia a la venta de Santillana (1631); y plata y otros metales en Valsequillo, en Cerezo de Arriba (1640).

Las *Memorias políticas y económicas sobre los frutos, comercio, fábricas y minas de España* (Larruga, 1791) recogen más datos sobre concesiones mineras en Segovia durante los siglos XVII y XVIII: cuatro minas a dos leguas y media de

Pedraza en el Puerto Rubio, Sierra de Solimán, el Rincón y valle de Colmenar (1624); dos minas de plata en el Cortillo de Cerrejón (1624); tres minas de oro y cobre en Becerril (1626); dos minas de oro y plata en el Castillo de Segoviela, villa de Carrascal (1628); una mina de plata y plomo en El Guijo y Las Gallegas (1631); una mina de plata en la solana de Valdesequillo, Cerezo de Arriba (1640); una mina de plata en Las Peñas del Nazar, Riaza (1709); una mina de plata en el arroyo de las Matillas, cerca de Nª Sra. de Hontanares, Riaza (1719); y dos minas de cobre en Villalvilla y Honrubia (1773).

Más detalles sobre todos estos registros de minas y sus promotores pueden encontrarse tanto en las obras de referencia como en Cortázar (1891, págs 212-215). Algunas de las localidades y parajes citados, aunque actualmente pertenecen a otras provincias (Madrid, Ávila...), en los años citados estaban incluidos dentro de los territorios de las comunidades de villa (o ciudad) y tierra segovianas (Segovia, Sepúlveda, Pedraza, Cuéllar, Ayllón...).

Como bien señala Cortázar (1891), a lo largo de la Edad Moderna no fueron muchas las minas explotadas, constatándose que varias de ellas fueron objeto de repetidas concesiones, lo que demuestra que los resultados no eran muy provechosos.

La actividad minera decimonónica se reactivó en la primera mitad del siglo con la publicación del Real Decreto de 4 de julio de 1825, solicitándose numerosas concesiones de cobre, plomo, oro, plata (Serracín), hierro, antimonio y hulla (ampelitas grafitosas), entre 1840 y 1859. Sin embargo, por sus pequeñas reservas o escasas inversiones, en 1861 tan sólo había algunas minas de cobre abiertas en Villacastín, El Espinar (*Reina* y *San Quintín*) y Zarzuela del Monte; y el aprovechamiento de las brechas ferruginosas para obtener hierro en Villacorta y Becerril. En 1871 no existía ninguna concesión minera activa en la provincia.

El trazado de la línea del ferrocarril Villalba-Segovia permitiría descubrir nuevos yacimientos y facilitar el acceso a otros, fundamentalmente en la localidad espinariega de San Rafael. Este período se prolonga hasta las primeras décadas del siglo XX, con las concesiones mineras: *Flor del Espinar*, *Demasia a Flor del Espinar*, *La Reina*, *Sta. Rosa*, *Olga*, *Nieves*, *El Porvenir* y *Luis*, *Estepar*, *Estepar 2ª*, *Estepar 3ª* y *Mariluz* y *Mina Torio*. Además había concesiones en la cuenca alta del río Moros (*La Nevada*) y en el alto Gudillos, cerca del Puerto, ambas propiedad de Tomás Llorente. Incluso llegó a haber un taller-molino de mineral aprovechando la fuerza motriz del río Gudillos, del cual aún se conservan restos de los muros.

El descubrimiento de los yacimientos auríferos y argentíferos del otro lado de la Sierra de Ayllón (Nava de Jadraque, Hiendelaencina...) genera que entre 1872 y 1890 sean numerosas las solicitudes de demarcación y apertura de minas, aunque no siempre con éxito y normalmente de reducidas dimensiones: mina *María* de antimonio en Cerezo de Arriba (1872-1879); mina de cobre en *El Soto* de Revenga

etnogeología

(1880-1884); mina *San Cornelio*, de amianto, en El Muyo (1881-1882); minas *San Cipriano*, *San José* y *Santa Catalina*, de hierro, en El Muyo (1881); minas *La Cruz*, *María Pía* y *Natividad*, de hierro, en Riaza, Becerril y Serracín (1881); mina *Mercedes*, de hierro argentífero, en Becerril (1881); minas *San Antonio* y *Vulcano*, de cobre, en Huerta y Otero de Herreros (1881-1882); mina *Santa Águeda*, de hierro argentífero, en Serracín (1883); doce minas de hierro argentífero en Becerril (3; *La Perla* y *Margarita*), Serracín (3; *San Antonio de Padua*), El Muyo (4; *Santa Clara*), Cerezo de Arriba (1) y Riaza (1), abiertas entre 1883 y 1885; minas *Nuestra Señora de la Natividad*, *La Infalible* y *La Brújula*, de hierro, en Arcones (1888); y mina *La Española*, de hierro, que explotaba el escorial romano de Otero de Herreros para losas de revestimiento (1887). Aunque el objetivo de muchas de estas minas eran los citados metales preciosos, se registraban mayoritariamente como minas de hierro para pagar los cánones mínimos mientras que no entraran en producción.

En 1905 se crea la Sociedad de las Minas de Cobre de Otero de Herreros, dirigida por el ingeniero D. Ángel Herreros de Tejada, bajo cuya gestión se reexcavaron las labores antiguas, se abrieron nuevos pozos (hasta 20 m de profundidad) y se estriaron a mano las escombreras, bajo el nombre de mina *Felipa*, durante los años 1905 y 1906; se consiguieron unas 220 Tm de mineral, con leyes del 7 al 9 % de cobre.

El último periodo de explotación de minería metálica de Segovia abarca toda la postguerra civil española y se prolonga hasta la década de 1960, aprovechando la demanda y elevados precios del wolframio para la industria armamentística europea durante la Segunda Guerra Mundial y la Guerra Fría. Podríamos decir que el sector serrano de la provincia vivió, aunque de forma más atenuada que Galicia, Zamora, Salamanca y Extremadura, su propia "fiebre del wolfram". En esta época destaca el papel de prospección y explotación de la familia Criado, quienes reabren yacimientos antiguos e inician nuevas explotaciones en: Cabeza Reina y El Estepar (San Rafael); Cabeza Lijar (mina *San Gregorio*, Guadarrama); Arcones (Huerta-Sanchopedro) en el arroyo de la Calzada-Valdemaillo; Prádena; La Rades; etc. La última mina de recursos metálicos cerrada en Segovia fue la explotación de wolfram de *San Justo y Pastor*, *Vitoria* o *Wolfram ByB* (Otero de Herreros), a mediados de la década de 1970.

En las últimas décadas, las operaciones mineras de recursos minerales metálicos en la provincia de Segovia se han centrado en permisos de investigación en: Otero de Herreros (Charter España, San Albín y CISA); San Idefonso, La Losa, Villacastín, Riaza y Bernuy de Porreros (San Albín); Ayllón y Cerezo de Arriba (Minera del Duero); Monterrubio y Arcones (CISA); etc. La investigación en rocas y minerales industriales se ha focalizado en: Torreadrada, Navares de Ayuso, Cantalejo y Muñopedro (Tolsa); Muñoveros y Mozoncillo (San Albín); Becerril (Prominas); El Muyo (Prom. Rec. Naturales); entre otros. También se han evaluado las reservas de

mineralizaciones de uranio en rocas sedimentarias, asociadas a las concentraciones húmicas o asfálticas dentro de las arcillas y arenas silíceas cretácicas que orlan el Sistema Central (Pedraza, La Velilla, San Pedro de Gaillos, Valseca, Monterrubio...)

En la actualidad, la extracción de recursos minerales se centra en las minas de arenas feldespáticas de la Tierra de Pinares (Burgomillodo y Navas de Oro) y de arcillas especiales (paligorskita-attapulgita) en Bercimuel.

La explotación existente en Burgomillodo (Carrascal del Río) perteneciente a Industrias del Cuarzo S.A. (INCUSA), subsidiaria de Cristalería Española (grupo Saint-Gobain), junto a la Compañía Minera Río Pirón (Navas de Oro) producen la práctica totalidad del feldespato potásico sedimentario de España. La planta de secado, molienda y flotación de Burgomillodo genera anualmente 80.000 tm de arenas feldespáticas y 220.000 tm de arenas silíceas. Las reservas probadas se estiman en 40 millones de toneladas, contenidas en una concesión de 27.000 ha. Aproximadamente el 85% de la producción se vende en el mercado nacional, y el 15% restante se exporta. La compañía ha desarrollado un sistema de control del proceso en su planta, con lo que espera incrementar su producción a 120.000 Tm anuales de arenas feldespáticas.

La mina de arenas feldespáticas ubicada en Navas de Oro está siendo explotada por la Compañía Minera Río Pirón S.A. (Grupo SAMCA).

La explotación de paligorskita-attapulgita de Bercimuel pertenece a la empresa Minería y Tecnología de Arcillas (MYTA) del grupo SAMCA, quien también ha realizado investigaciones en yacimientos de Maderuelo; el yacimiento de Pecharrromán (Valtiendas) ha sido evaluado por la empresa Toledana de Sepiolitas S.A. (TOLSA).

Para saber más: Areito y Quiroga (1873-74); Cortázar (1891); Estremera y del Valle (1999); García y Báez (1994); García y Báez (2001); González (1832); Larruga y Boneta (1791); Lecea y García (1897); Martín (2003); Olmedo (2004); Olmedo *et al.* (2004); Sánchez Gómez (1989) ; SIEMCALSA (1997); Soler *et al.* (2003); Villar (1990).

Minería romana del cerro de los Almadenes

Los abundantes recursos geológicos de la Sierra de Guadarrama y su piedemonte han sido objeto de explotación minera desde tiempos remotos, desde la Prehistoria



Figura 257. Fotografía de los restos de la cimentación de los edificios correspondientes a la antigua fundición romana en el cerro de los Almadenes. (Foto: A. Carrera)



Figura 258. Reconstrucción de la actividad minera romana en el Cerro de los Almadenes, donde se aprecia el poblado de la fundición en lo alto del cerro, con los hornos humeantes, la mina y sus escombreras en la parte inferior derecha, y el enorme escorial al pie del cerro (también humeante). En primer plano, se prepara carbón vegetal con madera de encina y quejigo para los hornos.

(ocres, industria lítica, cobre...), hasta nuestros días (áridos de machaqueo, arenas silíceas...).

Entre los yacimientos, destaca por la magnitud y continuidad histórica de las labores mineras, el ubicado en las inmediaciones del cerro de Los Almadenes (1.120 m de altitud), dentro del término municipal de Otero de Herreros, situado a un kilómetro al suroeste de esta población, siguiendo el antiguo camino de Valdeprados.

Las labores más antiguas documentadas datan de la dominación romana, entre el siglo primero antes y después de Cristo (años 10 a.C. a 40 d.C.; época de los emperadores Augusto, Tiberio y Cayo), aunque es probable que se establecieran sobre explotaciones celtibéricas (vacceas, arévacas o vetonas) previas, como se ha descrito en otros centros mineros prerromanos peninsulares. Se trataba de una mina de cobre y zinc (y posiblemente plata) consistente en una serie de pozos verticales, redes de galerías subterráneas (con hasta tres niveles), y zanjas y trincheras superficiales, situadas al norte (valle del arroyo de la Escoria) y suroeste (valle del arroyo del Vallejo) del cerro de Los Almadenes. De ellas apenas se conservan restos de algunas bocaminas, galerías subterráneas colapsadas o inundadas, y unas extensas escombreras (con un volumen estimado de unos 30.000 m³), que ocupan buena parte de la margen izquierda del valle del arroyo de la Escoria, entre el antiguo vertedero de residuos sólidos urbanos y el paraje de Los Quejigares.

Junto a las minas se situaba una fundición de mineral, que ocupaba la culminación y la ladera septentrional del Cerro, y de la cual se conservan diferentes elementos:

Figura 259. Detalle de la bocamina, donde los trabajadores nativos sacan espuertas de mineral ante la atenta mirada de uno de los soldados beneficiarios (*beneficiarii*) y el procurador de minas (*procurator metallorum*), encargado de la organización y gestión de la mina (*metallum*).



- Restos de la cimentación y muros de los edificios de la fundición (hornos y anexos), en la parte más alta y plana, fácilmente reconocibles en los cortados de la cantera que, posteriormente, se abrió en la culminación y ladera meridional del Cerro; se trata de muros de sillarejo y mampostería en roca caliza, que difícilmente alcanzan más de dos metros de altura.

- Abancalamiento y aterrazado de la ladera septentrional del Cerro, que albergaba las construcciones escalonadas de los mineros y personal de la fundición.

- Escoriales tapizando la ladera noreste del Cerro (originalmente estimados en unos 250.000 m³), que acumulan escorias de la fundición, cenizas, carbón vegetal, restos de las cubiertas de madera de los edificios, ladrillos calcinados, fragmentos de útiles metalúrgicos (lingoteras, piedras de moler...), y cerámica sigillata aretina (un producto de alfarería romana de calidad); los niveles superpuestos de escorias y cenizas pueden reconocerse en los taludes abiertos en la margen izquierda del camino a Valdeprados, a su paso por el antiguo vertedero de residuos sólidos urbanos y cementerio de animales; además, los restos de escoria aparecen por doquier en caminos y carreteras de Otero de Herreros, ya que durante un tiempo fueron utilizados como zahorra y balasto; incluso han sido arrastrados por los arroyos que circundan el Cerro, dando nombre al arroyo de la Escoria.

Desde la dominación romana no se tienen noticias de la explotación de las minas en Otero hasta el siglo XV. Sin embargo, algunas labores de formato característico (pozos poligonales) y el propio nombre del Cerro (Almadenes, del árabe 'las



Figura 260. Detalle de la fundición, con los hornos de aireación natural, ayudada con fuelles de mano, y las lingoteras circulares de barro sobre paja, con unos 35 cm de diámetro.

minas'), inducen a pensar en que la explotación, al menos esporádica, se mantuvo a lo largo de la Edad Media. Durante los siglos XV y XVI, Otero de Herreros aparece entre los indicios y lugares con concesiones de cobre de los Catastros Mineros de la Corona de Castilla.

Desde 1601 aparecen varias concesiones mineras en el Registro y Relación General de Minas (González, 1832), que al parecer nunca llegaron a explotar el yacimiento, ni a alterar las labores romanas. Se trata de las minas de *Nuestra Señora de los Remedios*, *Madre de Dios*, *San Francisco* y *Santa Catalina de Siena*. Desde este momento se produce un lapso documental hasta finales del siglo XIX, quizás asociado a un descenso de la actividad, como puede deducirse de la ausencia de referencias a las minas en el Catastro del Marqués de la Ensenada (1752). El resurgir de la minería metálica española decimonónica hace que se reabran los yacimientos, aunque con escasa actividad, con los nombres de mina *Vulcano* (1881-1882) y *La Española* (1887); esta última explota el escorial romano para losas de revestimiento (Lecea, 1890).

En 1905 se crea la Sociedad de las Minas de Cobre de Otero de Herreros, dirigida por el ingeniero D. Ángel Herreros de Tejada. Durante los años 1905 y 1906, bajo su gestión se reexcavaron las labores antiguas, se abrieron nuevos pozos (de hasta 20 m de profundidad) y se estriaron a mano las escombreras, con el nombre de mina Felipa; en total se consiguieron unas 220 Tm de mineral, con leyes del 7 al 9% de cobre. Desde ese momento, la actividad cesó en el entorno

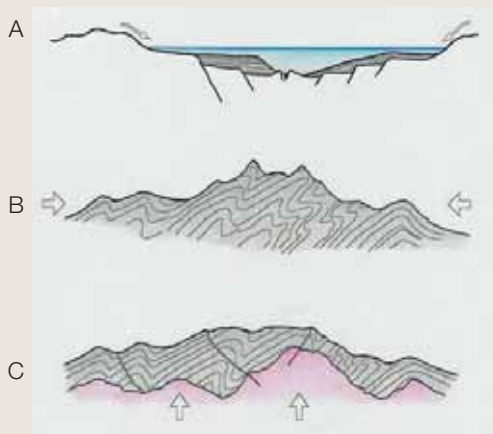


Figura 261. Cortes geológicos seriados de la génesis de la mineralización del cerro de los Almadenes (Otero de Herreros): A) Entre el Proterozoico superior y el Ordovícico, se acumularon en el fondo de un océano importantes cantidades de arcillas, arenas y calizas; B) Entre el Devónico medio y el Carbonífero, el choque de los continentes produjo el plegamiento y metamorfismo de esos sedimentos; C) Durante el Carbonífero superior (345-310 m.a.) se produce la intrusión de magmas, dando lugar a los granitoides; D) En el Pérmico inferior (hace unos 291 m.a.), la parte superficial de una nueva intrusión de magmas entró en contacto con las rocas metamórficas, formando el *skarn* mineralizado (rocas oscuras); E) La intrusión de nuevos magmas continuó, ascendiendo hasta cerca de la superficie; F) Hace unos 280 m.a. se produjeron fallas tendidas que trastocaron los materiales, generando en las rocas del *skarn* un movimiento en dirección (cizalla); G) Hace unos 276 m.a. intruyeron redes de filones de cuarzo, que atravesaron todos los conjuntos anteriores; H) Entre el Triásico y el Cretácico superior se produjo una intensa erosión de la parte superior, dejando al descubierto las rocas más profundas; I) Desde el Paleógeno a la actualidad se ha producido una intensa erosión de todos los sedimentos, formando el relieve actual, con sus cerros y vaguadas, donde afloran las rocas mineralizadas.

del Cerro, desplazándose a otros lugares del término municipal (Navalcubilla-Cuesta de Valdecerra, La Ermita, Hondalizas...), que aprovecharon la fiebre del wolfram de mediados del siglo XX.

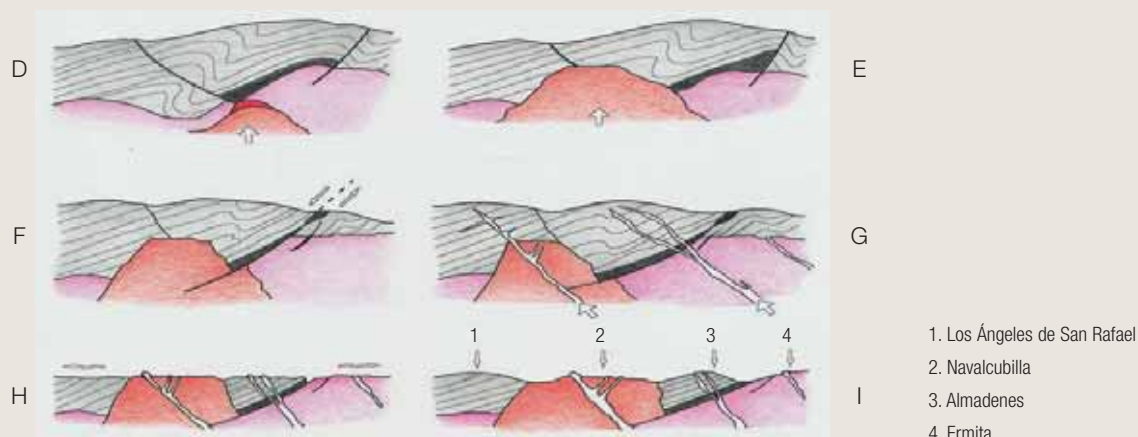
Las últimas actividades mineras en el Cerro de los Almadenes se han limitado a labores de exploración y evaluación de recursos, realizadas por las empresas Charter España, S.A. (1975-77) y Minera San Albín-CISA (1985-88). Con una inversión de unos tres millones de dólares, se llegaron a perforar más de 19.000 m de sondeos, y se cubicaron unas reservas de 4,6 Mt con leyes de 1,11% Zn, 0,49% Cu, 1400 g Sn/t, 1300 g WO₃/t y 38 g Ag/t.

El yacimiento mineral

¿Por qué existe un inusitado interés histórico por este yacimiento, concentrado en apenas un cuarto de kilómetro cuadrado? La respuesta a esta pregunta se relaciona con las peculiares características de la mineralización, cuya génesis la hace única.

La mineralización del cerro de los Almadenes pertenece al tipo denominado 'skarn', palabra de origen escandinavo que hace referencia a una roca que se forma cuando entran en contacto, a altas temperaturas, una roca previa con un fluido de muy diferente composición, produciéndose una mezcla e intercambio entre sus componentes.

Hace unos 280 millones de años, al final de la orogenia Hercínica o Varisca, la zona donde se ubica Otero formaba parte de las raíces profundas de una enorme cadena de montañas (parecida al actual Himalaya). A varios kilómetros de profundidad, las rocas estaban sometidas a enormes presiones, produciendo en ellas el denominado metamorfismo, que transformaba rocas como calizas y arcillas en mármoles y gneises respectivamente. En ese momento, el ascenso de magmas (fundidos de rocas ricas en silicatos y cargadas de metales) desde los niveles inferiores de la Tierra, puso en contacto sus fluidos con los mármoles (compuestos por carbonatos de calcio y magnesio). En la zona de contacto (skarn), ambos conjuntos (mármoles y fluidos silicatados metálicos) intercambiaron los elementos, formándose un amplio abanico de combinaciones de sílice, oxígeno, carbono, azufre, calcio, magnesio y otros metales (cobre, zinc, estaño, wolframio, hierro, plomo, bismuto, plata...), que dieron lugar a los más de cincuenta minerales diferentes (algunos de ellos únicos en España, como la Wittichenita) que se han reconocido en el entorno del Cerro. Además, la mineralización se vio enriquecida por la removilización y concentración que produjo una falla (cizalla) que afectó posteriormente a esta zona de skarn. Con el transcurso de los millones de años, la erosión puso al descubierto las rocas de las raíces de esa cadena de montañas, que hoy en día se encuentran en la superficie. Las rocas del skarn, con la mineralización asociada, afloran en una estrecha banda alargada, y varias veces inte-



rumpida por fallas y diques, con dirección sureste-noroeste. En profundidad, el cuerpo mineralizado presenta una morfología lenticular inclinado 45° hacia el suroeste. Los dos afloramientos más accesibles desde la superficie se encuentran precisamente al norte y suroeste del Cerro, motivo por el cual se han concentrado en esta zona las labores históricas desde tiempos prerromanos.

El depósito mineral ha sido cubicado en 2,66 millones de toneladas, con contenidos de 0,92% de cobre, 1,89% de zinc, 0,24% de estaño, 0,13% de wolframio y 38 gr/Tm de plata, habiéndose reconocido la mineralización hasta una profundidad de unos 600 m. No obstante, los ensayos mineralúrgicos, el precio de mercado de los metales básicos y los condicionantes ambientales, hacen inviable la explotación del yacimiento en las circunstancias actuales.

El Cerro de los Almadenes no es el único yacimiento de tipo skarn que existe en la provincia de Segovia, aunque sí el más rico y variado. Existen otros yacimientos, algunos de ellos también con labores mineras antiguas (probablemente romanas) en: el arroyo Zancado (El Caloco, Vegas de Matute), El Soto (Revenga); Hondalizas (Otero de Herreros), La Cabeza (Zarzuela del Monte) y El Berrocal (Ortigosa del Monte).

Para saber más: Alió (1902); Anónimo (1889); AREVA (2001); ASAM (1987-act.); Barbier (1986); Cortázar (1891); Díez (1990); Díez (1991a); Díez, A. (1991b); Díez, A. (2002); Domergue (1979); González (1832); ITGE (1990); Lacasa (1922); Lecea y García (1890); Sánchez Gómez (1989); SIEMCALSA (1997); Tornos (1990); Tornos y Casquet (1984); Tornos y Casquet (1985a); Tornos y Casquet (1985b); Tornos y Casquet (1991); Tornos *et al.* (1993); Tornos *et al.* (1994); Tornos *et al.* (1996a); Tornos *et al.* (1996b); Vegas (2000); Villaseca (1984); Vindel (1980); Vindel (1982); Vindel *et al.* (1995); Vindel *et al.* (1996a); Vindel *et al.* (1996b).



Figura 262. Vista aérea de las pizarreras de Bernardos, con la explotación, escombreras y planta de tratamiento (Foto: A. Carrera). En el vértice inferior derecho de la foto, el edificio blanco corresponde a la ermita de la Virgen del Castillo, asentada el cerro homónimo, con restos de recintos amurallados tardorromano, visigodo y árabe.

La explotación de pizarras en Bernardos

Buena parte del municipio de Bernardos y algunos de los colindantes (Migueláñez, Ortigosa del Pestaño, Sta. M^a la Real de Nieva...), se encuentran sobre rocas metamórficas, esto es, formadas por los aumentos de presión y/o temperatura que afectaron a rocas previas cuando éstas se encontraban enterradas a varios centenares de metros de profundidad.

Entre las rocas metamórficas se encuentran: pizarras, resultado del metamorfismo de antiguas arcillas; cuarcitas, resultado de la compactación de arenas; mármoles, resultado de la transformación de calizas; y rocas de silicatos cálcicos, por metamorfismo de margas (mezcla de caliza y arcilla).

Con diferencia, son las pizarras las que mayor extensión alcanzan, aflorando en cualquier cerro o ladera de valle del denominado Macizo de Santa María, una banda de territorio de unos cinco kilómetros de anchura, elongada en dirección SO-NE entre los términos de Juarros de Voltoya y Pinarnegrillo.

Existen dos conjuntos de materiales pizarrosos en el Macizo de Santa María: las pizarras gris-verdosas (con intercalaciones de bancos de pizarras negras) que tienen su origen en arcillas marinas depositadas durante el Proterozoico superior-Cámbrico inferior, esto es, hace entre 600 y 525 millones de años (llamadas Capas de Santa María); y las alternancias de cuarcitas y pizarras que derivan del metamorfismo también de arcillas y arenas marinas, pero depositadas durante el Ordovícico inferior, o sea, entre hace 500 y 450 millones de años (llamadas Capas de Domingo García). Los niveles de pizarras más claras (grises, verdosas, amarillentas...) correspondían originalmente a las arcillas con menor contenido en materia orgánica, o con más arena de cuarzo; por el contrario, las pizarras negras se formaron a partir de arcillas ricas en restos orgánicos que no llegaron a descomponerse debido a las condiciones de falta de oxígeno (anóxicas) en las profundidades oceánicas.

Además de metamorfizadas, las pizarras se encuentran plegadas, por lo que las diferentes capas y conjuntos rocosos están inclinados entre 15 y 25 grados hacia el norte y afectados por pequeños pliegues de la primera fase de deformación de la orogénesis Hercínica o Varisca, con dirección NO-SE. También están afectadas por la fracturación tardihercínica, que produjo fallas y diaclasas (grietas), así como una red de filones de cuarzo lechoso.

Las pizarras del macizo de Santa María han sido utilizadas por el hombre desde tiempos prehistóricos hasta nuestros días, bien como soporte de sus manifestaciones artísticas (petroglifos de Domingo García) o como materiales de construcción de vallados, fortificaciones (Cerro del Castillo) y edificios (muros de mampostería de pizarra en seco).

Sin embargo, es a partir del siglo XVI cuando se generaliza su utilización como material para cubiertas y techados, gracias a la iniciativa del rey Felipe II para introducir

etnogeología

en España la costumbre centroeuropea de los tejados con lajas de pizarra, en lugar de la tradicional teja de barro. En una carta del Rey a su arquitecto Gaspar de la Vega fechada en 1559, le hace referencia a la cubierta de la Casa del Bosque (palacio de Valsain) comentando: "...Quiero que con diligencia se vusque pizarra. La mas cerca y a proposito que ser pudiere. No se hallando mas cerca, en la zona de Santa Maria la ha de haber, que pasando yo por alli vi hacer cierta obra de ella en la Iglesia". Con estas pizarras se han techado algunos de los edificios más emblemáticos del centro peninsular, como el Monasterio de San Lorenzo de El Escorial, el Alcázar y la Casa de la Moneda de Segovia, o los palacios del Bosque (Valsain), La Granja, Riofrío y El Pardo.

La explotación histórica de las Reales Canteras de Bernardos ha sido irregular, con periodos de inactividad, llegando a ser explotadas por una compañía inglesa (*The Bernardos Slate Quarries Ltd.*) hasta bien entrado el siglo XX. A partir de la década 1950 se da continuidad a la explotación, que se mantiene hasta nuestros días, cuando se utilizan no sólo en cubiertas, sino también en solados, revestimientos, mampostería, etc., de cuyo proceso deriva una ingente cantidad de estériles, vertidos anárquicamente en las inmediaciones de la explotación.

Para la extracción de las pizarras en las canteras, fundamentalmente aprovechando las capas de rocas más oscuras del entorno del cerro Valdeserrano, se utilizan las diaclasas que delimitan grandes bloques. Posteriormente, para el lajado se siguen las direcciones de la pizarrosidad, esquistosidad incipiente de origen tectónico, exfoliando las planchas mediante el golpeo con cuchillas y cuñas afiladas. Una dificultad en el proceso son las irregularidades y discontinuidades de la pizarra, como los 'pelos', los granos y los nódulos, que dan al traste con un lajado planar perfecto.

Existen otras variedades de pizarras explotadas, como: *color* o *multicolor*, de tonos rojizos, ocreos o amarillentos, cuyas lajas están teñidas por óxidos e hidróxidos de hierro, correspondientes a las partes más superficiales de la cantera; y *fillita*, con mayor contenido en cuarzo, por lo que admite mejor el cortado oblicuo a la pizarrosidad y su posterior pulido o apomazado.

Para saber más: Anónimo (1992); García del Cura (2004); ITGE (1990); Marqués (1995).

Característica	Valor	Resistencias	Valor
Peso específico	2,77 g/cm ³	A la compresión	104,69 MPa
Absorción	0,23 %	A las heladas	0,01 %
Coef. de absorción paralela	3,35 g·m ⁻² ·s ^{-0.5}	A los cambios térmicos	0,05 %
Coef. de absorción perpend.	0,65 g·m ⁻² ·s ^{-0.5}	A la flexión	49,41 MPa
Color	Gris oscuro	A la flexión bajo carga	23,70 MPa
Producción anual (1994)	10.000 Tm	Al desgaste por roce	4,48 mm
Acabados	Lajado	Al SO ₂	-0,02 %
	Pulido	Al choque	118,75 cm
Pátina	Apomazado	Al deslizamiento	55 USRV
	No apreciable	A los anclajes	3.979,16 N

Las cabezas de San Rafael y la fiebre del wolfram

La localidad serrana de San Rafael se encuentra situada en la margen izquierda del río Gudillos, rodeada por montes y cerros de alturas variables (entre 1.300 y 1.900 m), pertenecientes al sector occidental de la Sierra de Guadarrama. La morfología cupuliforme de algunos de estos montes, de cumbre redondeada, ha hecho que por similitud antropomórfica se utilice con profusión el topónimo 'cabeza' para denominarlos: Cabeza Renales, Cabeza Perdiguera, Cabeza Hermosa, Cabeza del Buey, Cabeza del Águila...

Tres de estos cerros (Cabeza Lijar, 1.824 msnm; Cabeza Reina, 1.479 msnm; y El Estepar, 1.346 msnm) contienen yacimientos minerales que han sido objeto de explotación intensiva durante los siglos XIX y XX, si bien ya aparecen citados entre los indicios minerales de cobre y estaño del Reino de Castilla en los siglos XV y XVI. En sus inmediaciones se han encontrado restos de escoriales posiblemente romanos, y se han descrito pozos con sección poligonal de reminiscencia árabe.

La actividad minera decimonónica comenzó en la primera mitad del siglo, con la publicación del Real Decreto de 4 de julio de 1825, solicitándose numerosas concesiones entre 1840 y 1859. Durante este periodo se abrió la mina *Reina*, con un pozo de 30 m de profundidad y dos galerías, cerrada en 1866; y la mina *San Quintín*, con un pozo de 12,5 m de profundidad, cerrada en 1870.

Una segunda época de esplendor se relaciona con el trazado de la línea del ferrocarril Villalba-Segovia, que permitiría descubrir nuevos yacimientos y facilitar el acceso a otros. Este periodo se prolonga hasta las primeras décadas del siglo XX, cuando numerosos naturalistas e ingenieros de minas (Lucas Fernández Navarro, Muñoz del Castillo, Pedro Pérez...) visitan y describen las mineralizaciones, resaltando el carácter radioactivo de algunos de sus minerales. Las concesiones mineras se repartían en los tres cerros, con nombres como: *Flor del Espinar* (calicata Grande, calicata del Puente, trinchera del Túnel y filón San José), *Demasia a Flor del Espinar*, *La Reina* (pozo Torera), *Sta. Rosa* (calicatas Kilómetro 33 y La Caseta), *Olga*, *Nieves* (pozo Cacara y calicata del Cerrillo), *El Porvenir* y *Luis*, en el Grupo Cabeza Reina; *Estepar* (calicata Barrera del Toro), *Estepar 2ª* (pozo Ángel), *Estepar 3ª* (calicata del Wolfram) y *Mariluz* (pozo María), en el Grupo Estepar; y *Mina Torio* en la falda de Cabezo Lijar. Además había concesiones en la cuenca alta del río Moros (*La Nevada*) y en el alto Gudillos, cerca del Puerto, ambas propiedad de Tomás Llorente. Incluso llegó a haber un taller-molino de mineral aprovechando la fuerza motriz del río Gudillos, del cual aún se conservan restos de los muros.

El tercer y último periodo de explotación abarca toda la postguerra civil española y se prolonga hasta la década de 1960, aprovechando la demanda y elevados precios del wolframio para la industria armamentística europea durante la Segunda

Figura 263. Vista aérea de 'las cabezas' de San Rafael. En primer término Cabeza Reina, con su característica forma redondeada; al fondo Cabeza Lijar; y a la derecha, la localidad espinariega de San Rafael. (Foto: A. Carrera)

etnogeología

Guerra Mundial y la Guerra Fría. Podríamos decir que San Rafael vivió, aunque de forma más atenuada que Galicia, Zamora, Salamanca y Extremadura, su propia “fiebre del wolfram”. En esta época destaca el papel de prospección y explotación de la familia Criado, quienes reabren yacimientos antiguos e inician nuevas explotaciones en Cabeza Reina, El Estepar y Cabeza Lijar (Mina Primera, Guadarrama), y en otras localidades segovianas como Arcones (Huerta-Sanchopedro) en el arroyo de la Calzada-Valdemaillo, Prádena, La Rades, etc.

La mayor parte de las explotaciones decimonónicas beneficiaban el cobre contenido en calcopiritas, calcosinas y otros sulfuros presentes en filones de cuarzo que formaban parte de un haz filoniano general de dirección NO-SE e inclinación respecto a la horizontal (buzamiento) de 60° hacia el SO. Se trata de yacimientos hidrotermales característicos, esto es, formados por la circulación, a través de grietas en las rocas graníticas, de fluidos acuosos (hidro-) a altísimas temperaturas (-termales) y presiones, cargados de sílice y metales (cobre, estaño, zinc, hierro, wolframio, molibdeno, bismuto, uranio...). Cuando los fluidos se enfrían al aproximarse por las grietas a la superficie del terreno, los compuestos que transportan cristalizan o precipitan, dando lugar a los conocidos filones de cuarzo mineralizados con calcopirita, pirita, blenda, casiterita, wolframita, molibdenita, bismutina, torbernita, calcosina, covellina, malaquita, goethita, etc.

Por la naturaleza y temperatura a la que circularon los fluidos hidrotermales por las fisuras de las rocas de San Rafael (hace unos 300 millones de años), podemos



distinguir dos tipos de yacimientos: mineralizaciones de temperatura media-alta, que dan lugar a filones con wolframita (+ casiterita + molibdenita) y sulfuros de Cu-Sn-Zn, como los explotados en Cabeza Lijar; y mineralizaciones de temperatura media, que dan lugar a filones con sulfuros de Cu-Sn-Zn, como los explotados en El Estepar. En Cabeza Reina se combinan ambos tipos de mineralizaciones, predominando los filones con wolframita en el sector oriental (pozos Cacara y Torera) y los que contienen sulfuros metálicos en el occidental (*Sta. Rosa*).

Existen otras muchas localidades de la Provincia donde aparecen mineralizaciones filonianas con wolframio (wolframita y scheelita), normalmente acompañado de estaño (casiterita), molibdeno (molibdenita) y bismuto. Entre ellas cabe destacar las minas “San Justo y Pastor” (Vitoria o Wolfram B y B) y calcatas de la Cuesta de Valdecerra (Otero de Herreros), San Medel (Valseca-Bernuy de Porreros), Huerta (Arcones), Prádena, Puerto de Somosierra (Casla), La Rades (Pedraza), etc.

Para saber más: Fernández Navarro (1905); Fernández Navarro (1916); Guerra Garrido (1984); Marcos (1994); Muñoz del Castillo (1906); Muñoz del Castillo y Retamal (1905); Pérez (1920); Pérez Sánchez (1933); Quílez (1994); Quílez *et al.* (1990); Quílez *et al.* (1994a); Quílez *et al.* (1994b); Vindel (1980); Vindel (1982); Vindel *et al.* (1995); Vindel *et al.* (1996a); Vindel *et al.* (1996b).



Figura 264. D. Gregorio Criado durante la entrevista realizada en diciembre de 2004. (Foto: A. Díez)

Gregorio Criado, el último minero segoviano

La imagen tópica del minero que desarrolla su trabajo bajo tierra desapareció del panorama provincial hace varias décadas. Hoy en día, la práctica totalidad de la actividad minera se realiza a cielo abierto, con lo que los carbureros, entibados, pozos, galerías, carriles y vagonetes han pasado a ser obras de arqueología industrial.

Afortunadamente aún contamos con los testimonios de algunos de los últimos emprendedores y trabajadores de esa minería subterránea. Entre ellos destaca la apasionante vida de D. Gregorio Criado de Gracia, miembro de una saga familiar de prospectores y explotadores de recursos minerales.

La relación de ‘Goyo’ con la minería se remonta a la temprana edad de 11 años, cuando recolectando berceos con su padre (Alberto) en San Rafael, tuvo ocasión de encontrar una pieza de ‘wolfram’ (wolframita). Corría el año 1943 cuando procedieron a la denuncia y apertura de su primera mina, llamada ‘El Carmen’ en honor a su hermana mayor, ubicada en el cerro de Cabeza Reina. Hasta 1945 fueron años de intensa activi-

dad, tanto de extracción y transformación del mineral (machaqueo y lavado), como de 'blanqueo' de grandes lotes de mineral enviados de estraperlo desde minas salmantinas para aprovechar los permisos de extracción y transporte no cubiertos por las minas segovianas. Las potencias involucradas en la Segunda Guerra Mundial (principalmente Alemania e Inglaterra) demandaban grandes cantidades de wolframio para los aceros de los blindajes y piezas de armamento, y el alto precio del metal permitía mantener una plantilla de hasta 120 trabajadores en la mina El Carmen. Los cargamentos de mineral eran pagados en especie, mediante el envío de camiones, que posteriormente eran adquiridos por el Estado, evitando así que se considerara como venta de recursos estratégicos a países en guerra.

Con la finalización de la Guerra y el descenso del precio del mineral, nuestro protagonista vuelve a su trabajo de recogida y acarreo de leña, hasta que de nuevo la casualidad (al arrancar un tocón o 'tea') le hace toparse en el monte con un nuevo yacimiento, esta vez en Cabeza Lijar. El aumento de los precios asociado a las guerras en Oriente Próximo les permitió abrir entre 1950 y 1959 una nueva mina de wolfram en la vertiente madrileña del monte (denominada '*San Gregorio*'), y que contaría con un pozo de más de 50 m y varios niveles de galerías, donde trabajaron ex-convictos de las obras del Valle de los Caídos.

Durante este tiempo además realizaron reconocimientos de las antiguas labores mineras espinariegas del siglo XIX, y la prospección de nuevos indicios en el piedemonte serrano. El auge de los precios del estaño llevó a la búsqueda y explotación de nuevos yacimientos en las proximidades del Puerto de Somosierra (término de Casla; años 1954-55), Prádena y Huerta (Arcones; 1955-1957). Después de múltiples campañas de exploración por bateo en ambas vertientes de la Sierra, localizando concentraciones minerales en Galapagar, Torreldones, Hoyo de Manzanares, etc., y de trabajar como barrenista en el primer túnel del Guadarrama, Gregorio Criado termina por adquirir en 1966 la mina de wolfram de Navalcubilla (mina Vitoria, luego San Justo y Pastor) en Otero de Herreros, donde desarrollaría una intensa actividad hasta el año 1973, cuando la vendió y abandonó definitivamente las labores mineras.

Sin embargo, aún se reconocen en su forma de hablar y contar su trayectoria vital, esas ansias por seguir buscando y reabriendo viejos yacimientos. Una frase suya resume su espíritu emprendedor: "...si hoy me tocara la Bonoloto, reabrirla la mina de Arcones...".

Eleuterio Poza Lobo, el último yesero

En la localidad segoviana de Valle de Tabladillo, y desde tiempos inmemoriales, buena parte de los vecinos del pueblo trabajaba en las minas de yeso durante el invierno, cuando las tareas del campo requerían menor dedicación. El Catastro del Marqués de la Ensenada correspondiente a esta localidad (realizado en el año 1751) destaca la presencia entre la población de, al menos, 18 yeseros, con nombres como Sebastián de Poza, Frutos Lobo, Joseph Lobo, Marcos Poza, Juan Poza... En respuesta a la pregunta 33 del Interrogatorio (ocupaciones de artes, canteros), cita *"Pablo Revilla y Francisco Revenga, que se ocupan por tiempo y espacio de tres meses en sacar piedra, para Yeso, quemarla y molerla, y conducirla a los pueblos cercanos, por su renta y despacho consideran les queda anualmente por esta ciento y cinquenta reales, a Joseph Lovo Velásquez y Frutos Lovo, por el mismo tiempo cien reales..."*.

Pascual Madoz, en su *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico* (1845-1850), también recoge como actividad comercial de Valle de Tabladillo la exportación de yeso para todos los pueblos, en particular para el sitio de San Ildefonso y Segovia; además señala la presencia en el término de algunas canteras de yeso.

La extracción del yeso era una tarea dura, puesto que se hacía enteramente de forma manual, mediante pico y pala, y con escasa iluminación (lámparas de aceite y carbureros); el acarreo se efectuaba mediante sacas portadas a la espalda. El yeso extraído se llevaba a los hornos del pueblo, donde era tostado en cargas de unos 500 kg. Entonces, parte de la producción de yeso y alabastro era llevada por el 'tío Elías' a la fábrica de porcelana (loza) de los Vargas, en Segovia. Buena prueba de esta dureza son las líneas recogidas en el citado Catastro del Marqués de la Ensenada (1751): *"...la cantera de donde sacan dicha piedra esta amenazando ruina, de suerte que no se puede entrar en ella, sin corriendo riesgo de la vida, como también de que arruinada, que vea es imposible volver a descubrir la veta del yeso, porque su mucha profundidad, y multitud de peñas que sobre ella caían..."*. El propio Casiano de Prado, en sus trabajos geológicos (Prado, 1858), señala que las excavaciones subterráneas se sostenían dejando pilares, a veces muy espaciados (10 a 12 m), *"... y son frecuentes por esto los hundimientos, que alguna vez, y aun en este mismo año, han costado la vida á algunos trabajadores"*.

D. Eleuterio Poza Lobo, descendiente de una larga saga de yeseros como puede deducirse de las reiteraciones de sus apellidos en la documentación citada, nació durante la década de 1930 en el Valle de Tabladillo. Desde muy corta edad trabajó en las minas de yeso del pueblo, donde ya con ocho años se quedó atrapado durante más de un día al producirse un derrumbe y desorientarse por haberse quedado sin la luz que proporcionaba su candil de aceite. A los dieciséis años



Figura 265. D. Eleuterio Poza en la entrada de su mina de yeso en Valle de Tabladillo, hace una década. (Foto: A. Díez)

etnogeología

de edad, Eleuterio encontró, junto con un amigo (Julio) y por casualidad, los restos de una mina de yeso antigua, situada más cerca del barrio de abajo del pueblo; tenía un gran salón sustentado por pilares cónicos invertidos, con forma de peones. Era la dura época de la postguerra, y pronto surgieron nuevas explotaciones próximas al hallazgo recién localizado; entre ellas la de su padraastro, D. Felipe Lobo. En el año 1955, el ilustre geólogo Maximino San Miguel de la Cámara, que realizaba la memoria del mapa geológico 1:50.000 de Maderuelo, visita las yeseras del Valle de Tabladillo, realizando una pormenorizada descripción y una fotografía de Felipe Lobo en la entrada de su explotación.

El afán emprendedor de Eleuterio le llevó pronto a tener su propia mina, cerca de la de su padraastro, donde construyó dos hornos; con el ganado bajaba al pueblo tandas de 200 kg para machacarlo con mazos y pasarlo por cedazos. El gran conocimiento de su oficio y su intuición natural le llevaron a buscar nuevos yacimientos en la ladera de enfrente del valle, a una cota parecida, donde abrió en la década de 1960 una nueva mina, que sería su lugar de trabajo durante más de treinta años. Esta nueva explotación, aún hoy visitable y con iluminación eléctrica, comenzó con un tramo de roca de casi 50 metros donde no apareció ningún indicio de yeso; "... *en el pueblo me trataron de loco...*" afirma el Sr. Poza. A pesar de ello, Eleuterio continuó con convencimiento hasta que un día encontró una zona más hueca donde halló un trozo de la preciada roca. "*Bajé a casa corriendo a enseñárselo a mi mujer (que en paz descanse), e incluso hice subir a mi suegra para que lo viera*", afirmaba emocionado Eleuterio aún cuarenta años después.

Para financiar los gastos de la mina y subsistir el resto del año, Eleuterio tuvo que trabajar en verano como segador, pinche y vendimiador, entre otros oficios. Pronto vino la mecanización, con la adquisición de un motor para la molienda del yeso; tres nuevos hornos de mayor capacidad; el empleo de la goma 2 (dinamita); la instalación de compresores para perforar y barrenar; un generador para la instalación eléctrica y su propio tendido eléctrico desde el pueblo; y un camión y un dumper para el transporte del material.

Durante el invierno se procedía a la mayor parte de la extracción del yeso, para lo cual trabajaban entre seis y quince personas del pueblo junto a Eleuterio. Después se tostaba en los nuevos hornos, que tenían una capacidad de 20 toneladas por carga, colocando los bloques de yeso grandes dispuestos en bóveda, con lo fino en la parte de encima; la carga de madera era de chopo, ya que el pino ennegrecía el yeso, dejándolo tostar por espacio de unas 14-15 horas, hasta que al yeso se le iba la humedad y se secaban las piedras de la parte superior (*'la corona'*). Luego se molía con el molino de mazos movido por el motor, se envasaba en sacos, y lo vendía a un mayorista de Cantalejo bajo la marca de Yesos Poza. Incluso llegó a comprar un carricoche para venderlo al pormenor (*'a celemines'*) recorriendo los pueblos de la provincia.

Las últimas iniciativas le llevaron a abrir una nueva yesera cerca de Fuentidueña (El Vivar), donde instaló hornos rotativos y molinos automáticos. Sin embargo, de aquella experiencia habla con tristeza, porque debió suponer el declive de su actividad.

Eleuterio falleció en mayo de 2005. Ni los hijos ni los nietos de Eleuterio parecen tener una coyuntura favorable para dar continuidad a este duro oficio de tradición familiar. Tras su cierre a principios de los 90, y tras tímidos intentos de reaprovechar la mina para cultivo de champiñones, las instalaciones subterráneas se encuentran en perfecto estado para su aprovechamiento en las nuevas perspectivas que ofrece el turismo rural, cultural y natural.

Para saber más: Cortázar (1891); Madoz (1845-1850); San Miguel de la Cámara (1955).

Camas para gatos en Bercimuel

Las campiñas nororientales se desarrollan por el encajamiento de los afluentes del río Riaguas en las rocas sedimentarias (arcillas, limos, arenas, conglomerados...) de la denominada Cuenca de Ayllón, que se sitúa entre las elevaciones de Somosierra-Ayllón (al sureste), el Macizo de Sepúlveda (al suroeste), La Serrezuela (al noroeste), y los páramos calcáreos de Maderuelo (al noreste). El relleno de esta cuenca sedimentaria se produjo, a lo largo del Mioceno (hace entre 23 y 5 millones de años), de manera centrípeta, esto es, las rocas erosionadas en las elevaciones circundantes eran arrastradas hacia el centro de la cuenca, situado en la actual ubicación de Bercimuel y Grajera, donde eran depositadas en amplios abanicos aluviales. De esta forma, los materiales se dispusieron gradualmente desde los bordes de la cuenca, donde quedaron los arrastres más gruesos (cantos y gravas), hasta el centro de la misma, donde sólo llegaban las partículas más finas (limos y arcillas) y las aguas cargadas de bicarbonato cálcico y magnésico.

Así pues, durante el Mioceno el centro de esta Cuenca estaba ocupado por zonas llanas encharcadas estacionalmente, donde se depositaban arcillas y limos. Los continuos ciclos de inundación y desecación produjeron importantes transformaciones y mezclas de los minerales y las aguas bicarbonatadas en estos suelos arcillosos, dando lugar a costras calcáreas y niveles con concentración (60-70%) de un peculiar tipo de arcilla de nombre extraño: la palygorskita, attapulgita (EE.UU.) o tierra de Fuller (Reino Unido).

La palygorskita es un mineral del grupo de las "arcillas especiales", dentro de los silicatos magnésicos-alumínicos hidratados, ya que por su peculiar estructura cristalográfica (ordenación interna de los átomos) abierta, esto es, llena de 'grandes'



Figura 266. Productos envasados para camas de gatos que se comercializa desde la planta de MYTA en Maderuelo, con destino al mercado extranjero. (Foto: A. Díez)

etnogeología

huecos (canales), permite que absorba enormes cantidades de agua. Por eso tiene infinidad de utilidades industriales, agrícolas y domésticas como producto absorbente, que van desde la depuración de líquidos contaminados hasta la fabricación de pipas para fumar, pasando por usos cerámicos, farmacéuticos y de nutrición animal.

El yacimiento de palygorskita de Bercimuel está ubicado en las laderas del Cerro de la Perdiguera, si bien existen otros afloramientos en el Cerro de Matavacas (cerca de Pajarejos), el Tizón (en las inmediaciones de Campo de San Pedro), y Cedillo de la Torre. Actualmente está explotado en la corta 'Río Rianza' por la empresa M.Y.T.A. (Minería y Tecnología de Arcillas), que transforma en su planta de Maderuelo unas 48.000 t/año para la fabricación de tierra para camas de animales domésticos (principalmente gatos). El 30% de la producción se destina al mercado nacional (marcas como Consumer) y el 70 % restante a la exportación (90% para cama de gatos en Francia, Alemania, Inglaterra y otros países europeos); se han estimado unas reservas de un millón de toneladas.

Existen otros yacimientos y concentraciones de arcillas especiales (tanto palygorskita como su semejante sepiolita) en la provincia de Segovia: Pecharromán (término de Valtiendas, cerca de Sacramenia), Valseca, Encinillas...

Para saber más: Baltuille *et al.* (2004). Armenteros y Alonso (1984). Fernández-Macarro *et al.* (1988). García del Cura (1974); González *et al.* (1989); Martín-Pozas *et al.* (1983); Molina y Armenteros (1986); Pozo *et al.* (1985); Suárez (1992); Suárez *et al.* (1989); Suárez *et al.* (1991a); Suárez *et al.* (1991b); Suárez *et al.* (1993).

Oficios y vocablos ligados al aprovechamiento de las rocas

La ancestral utilización y aprovechamiento de las rocas y minerales en Segovia ha generado infinidad de prácticas, llegando a desarrollarse oficios específicos. Asimismo, se ha generado un rico vocabulario relacionado con las '*pedras*', sus variedades, cualidades y usos, que presenta matices y variantes respecto a otras provincias españolas. Sirvan estos dos listados-glosarios como recopilación de la riqueza etnográfica asociada a los recursos geológicos de Segovia.

Oficios

Adobero/a: persona que fabrica adobes y muros de tapial con tierra, y lugar donde se hace o extrae el barro.

Almagrero: persona que recoge o extrae almagre; el camino de los Almagreros atraviesa las arenas de las facies Utrillas, un kilómetro al este de Caballar; el lugar donde se recogía se denominaba *almagreras*, que en Segovia se centraban en las brechas



Figura 267. Canteros de San Lorenzo en el Tío Pintao (año 1951).
Fotografía cedida por Josefa Gómez.

ferruginosas del piedemonte de la Sierra de Ayllón (Madriguera, El Negrodo...) y algunos paleosuelos ferruginosos de las facies Utrillas (Orejana).

Arenero: persona que recoge, extrae o clasifica arenas y gravas, así como lugar donde se hace.

Barrero: persona que recoge o extrae barro, y lugar donde lo hace:

- Barrero situado al oeste de la Dehesa de Arcones, cerca de la falla gneises-calizas.
- Barrero de San Millán (calle).
- Las Barreras, al oeste de Balisa.
- Los Barreros, entre Tabladillo y Pinilla Ambroz.

Calero: persona que fabrica cal viva a partir de la cocción de rocas carbonáticas, normalmente calizas o areniscas calcáreas; el lugar se denomina *calera*.

Cantero o pedrero: persona que recoge o extrae rocas o piedras; el lugar se denomina *cantera* o *pedrera*. Variantes del oficio:

- *Picapedrero:* persona que extrae rocas mediante picado o volado.
- *Borrillero:* persona que recoge cantos rodados y morros en las orillas de los ríos y arroyos, y los usa para emborrillar (Cuéllar), engorrillar (Alto Pirón) o engorronar (Tierra de Sepúlveda).
- *Desempedrador* o *desempedreyor:* persona que quita piedra.

Enchiflero: empedrador; persona que *enchifla* (gacería; Cantalejo), empedra, enchinarra o encachina, esto es, coloca las piedras en los trillos.

Minero: persona que trabaja en la extracción de mineral; normalmente se aplica a la minería subterránea; el lugar de trabajo es la *mina*.

Terrero: persona que extrae tierra, y lugar donde se extrae (Navares de Ayuso; Calleja, 1996); paraje de El Terrero, al norte de Los Huertos.

Yesero: persona que fabrica yeso anhidro a partir de la cocción de yeso mineral y/o alabastro; el lugar donde se extrae y fabrica se denomina *yesera*.

Denominación de las rocas o sus cualidades

Algez o aljez: yeso cristalino espejuelo, utilizado para la fabricación de yeso anhidro en Cuéllar y Villaverde de Íscar.

Almagre, almazarrón o mazarrón (del árabe *al-magra*, tierra roja): arcillas y limos pardo-rojizos con alta concentración de óxidos e hidróxidos de hierro, utilizadas como aditivo para pinturas y tintes; en la Tierra de Sepúlveda se empleaba para señalar las ovejas, haciéndoles una marca en la lana (Calleja, 1996); en los esquilos fue utilizado además de servir para marcar las balas de lana, se usó para realizar inscripciones en las paredes, como ocurre con las célebres pinturas de los siglos XVIII y XIX en el de Cabanillas del Monte.

Arcilla (Villacastín): arena gruesa de matriz arcillosa resultado de la alteración de los

etnogeología

granitos (jabre).

Arena de mina o silícea: cuarzoarenita blanco-amarillenta, sin apenas matriz arcillosa, que se extrae en las facies Utrillas; tradicionalmente se empleaba para fabricar mortero de cal, vidrio y, cuando era fina y clara (sin óxidos de hierro), como arena de fregar.

Arena de miga: arena mezclada con arcilla en la proporción adecuada para los revocos.

Arena de pinar: arenas arcósicas, con escasa matriz limo-arcillosa, que se extrae en la Tierra de Pinare; tradicionalmente se utilizaba como árido de construcción para morteros de cal.

Arena de río: arenas arcósicas, con matriz arcillo-limosa, que se extraen en las terrazas y llanuras aluviales de los ríos y arroyos. Utilizada sobre todo como material de construcción, en la fabricación de hormigones y antiguamente de argamasa de cal o yeso.

Argaje: gravilla, especialmente la procedente de la descomposición de las rocas graníticas (La Cuesta; Calleja, 1996).

Asentadera: piedra de asperón con la que los resineros afilan las azuelas con las que sangran los pinos (Calleja, 1996).

Asperón: roca arenisca cretácica empleada para afilar o fabricar muelas de molino.

Barro: mezcla de arcilla y limo; tradicionalmente se obtenía de niveles arcillosos de las facies Utrillas (calle de Los Barreros del Velódromo, San Millán, Segovia).

Beldero: piedra que se coloca o clava en el suelo de la era cuando se aventa para separar el lugar donde caerá la paja del grano (Calleja, 1996).

Borrillo, gorrillo o morrillo: cantos rodados, normalmente de cuarzo y cuarcita, recogidos en las terrazas o el cauce de ríos y arroyos; se empleaban para la fabricación de los pavimentos de calles y claustros.

Cal: óxido de calcio obtenido por tostado de rocas carbonáticas calcáreas; existían diversas variedades: común, viva, hidráulica, crasa...

Calva o gorrillo: piedra cilíndrica, terminada en dos casquetes esféricos utilizada para tirar al madero en el juego de la calva; el nombre procede tal vez de que son piedras lisas y redondeadas, como la calva del cráneo humano (Calleja, 1996).

Calvera: gredal, yacimiento de greda; tierra blanca, gredosa (Calleja, 1996).

Canto: fragmento o pieza de roca o mineral; *Cantalejo* es el 'lugar pequeño donde hay un grupo de cantos'; *Cantosal*, despoblado de Coca, es un 'cantizal' o lugar donde abundan los cantos.

Carchena: arcilla grasa, muy plástica, suave al tacto, casi untuosa, amarillenta o rojiza, debido al hidróxido o al óxido de hierro que la tiñen (Sepúlveda; Calleja, 1996).

Cárdeno/a: piedra de granito (Calleja, 1996).

Centenera o centellera: rocas metamórficas de tipo migmatita, gneis o esquisto



Figura 268. Galerías subterráneas antiguas para la extracción de arenas silíceas, cortadas por el frente de explotación de las actuales areneras. Tejadilla, Valleruela de Sepúlveda. (Foto: A. Carrera)



Figura 269. Borrillo construido con cantos rodados de gneis y granito en las inmediaciones del acueducto. (Foto: J.F. Martín Duque)

sobre las cuales se desarrollan los suelos más pobres, que sólo posibilitaban el plantar centeno; también se atribuye la denominación 'centellera' al brillo (centelleo) de las micas en las superficies de esquistosidad por las que se lajan estas rocas al ser partidas.

Chato: canto rodado (Cuéllar; Calleja, 1996).

Chifla, cachina o pedernal: (Cantalejo, gacería): fragmento de variedad microcristalina de la sílice (sílex o pedernal) o cuarzo, afilado y curvo, que se emplea en la fabricación de los trillos; procede del castellano 'chifla', cuchilla ancha casi cuadrada de corte curvo, con origen árabe (*sifra*), cuchilla.

China o chinarro: canto cuarzoso (Calleja, 1996); un *chinarral* es un lugar donde abundan los chinarros o cantos cuarzosos; y un *cancharral* una tierra de labor de muy mala calidad por estar llena de piedras y cantos.

Cimiento: piedra de gran tamaño que se coloca en la base de los cercados para sostener las piedras más pequeñas (Calleja, 1996).

Contraesquina: piedra de cantería que se coloca en las esquinas de los edificios mirando a la fachada por su parte más estrecha (Calleja, 1996).

Cordón (Villacastín): en la cantería de granito, 'pelo' relleno con tonalidades amarillentas a ambos lados, que toma la dirección de la 'mano mala'.

Cuarcita: roca resistente compuesta de cuarzo (*cuarcita sensu stricto*), o pizarra, esquistoso o metasomático de tonos claros (grises o pardos) o cubierta por óxidos de hierro y manganeso (llamadas 'cuarcitas rojas').

Dados o cuadrados (Domingo García): cristales cúbicos de limonita pseudomórfica de piritita que aparecen en la Cuesta Grande.

Fusina: sulfato de cobre cristalizado que disuelto en agua se empleaba para desinfectar las semillas que se van a sembrar (Calleja, 1996).

Gabarras o negrones: xenolitos microgranulares de naturaleza diorítica o granodiorítica, contenidos en los granitoides; eran temidos por los canteros, ya que condicionaban las direcciones del corte y estropeaban el labrado de las piezas.

Granito: roca bajo cuya denominación se agrupan todas las rocas ígneas (granitos s.s., granodioritas, dioritas, gabros, sienitas...); comenzó a utilizarse en Segovia a partir del siglo XVIII-XIX, puesto que antes se denominaba piedra berroqueña.

Greda: arcilla arenosa, normalmente coloreada por óxidos de hierro, que se empleaba como desengrasante de la lana o para quitar manchas; se obtenía de las facies Utrillas.

Grullo: canto cuarzoso (Calleja, 1996).

Güño: barro, mezcla de arcilla y arena, utilizado para fabricar adobes, ladrillo rústico e impermeabilización bajo teja (Carbonero el Mayor).

Guijo, guija o gejo: fragmento de cuarzo lechoso masivo en filones y diques, o terreno con bastante arena y cantos silíceos (Tierra de Sepúlveda; Calleja, 1996); aparece en varios topónimos, como Guijasalvas, El Guijar de Valdevacas, El Guijo

etnogeología

(Basardilla), Guijar Blanco (Ochando), Las Guijas (Ortigosa del Pestaño)...; también gravilla muy fina, casi arena, procedente de la descomposición de las rocas graníticas (La Cuesta; Calleja, 1996); a los campos con guijos abundantes se les denomina leguijeños/as (zona de Sepúlveda; Calleja, 1996).

Gurria: canto redondeado que se emplea en el juego de la gurria (Calleja, 1996).

Gurrullo o **grullo:** piedra dura, especialmente la que puede ser arrojada (Calleja, 1996).

Huevofrito (Villacastín): estructura circular u ovalada de concentración de feldespatos dentro del granito, que da tonos más claros a la roca.

Jabre: arena gruesa procedente de la descomposición de rocas graníticas y, en menor medida, de rocas metamórficas (gneises).

Jalbegue o **jalbiegue** (del latín *exalbicare*, blanquear): arcilla blanca, rica en caolín, que se extraía de las facies Utrillas en los frentes de cuesta para enlucido y blanqueo de habitaciones; antiguamente se empleaba como cosmético para blanquear el rostro.

Jaspe: roca o mineral de tonalidades bandeadas en tonos pardos y rojizos; normalmente se asocia con secciones de estalactitas y estalagmitas y, en menor grado, con variedades de la sílice (calcedonias y jaspes s.s.).

Legañizo/a: terreno de labor, de color rojizo, arenoso en la superficie y arcilloso y compacto por debajo (Tierra de Sepúlveda; Calleja, 1996).

Ley o **hebra** (Villacastín): estructura subhorizontal de debilidad asociada a la orientación mineral durante la consolidación magmática de los granitoides, y que facilita su extracción por lajamiento o exfoliación por descompresión; en Galicia lo refieren como 'el andar'.

Manjano o **majano:** montón de cantos sueltos que se forman en las fincas, las encrucijadas, etc. (Tierra de Cuéllar; Calleja, 1996); por ejemplo, Valverde del Majano.

Mano buena (Villacastín): diaclasado verticalizado de origen tectónico en los granitos que ofrece planos preferentes para el corte; en Villacastín sigue dirección prácticamente norte-sur.

Mano mala o **tronce** (Villacastín): diaclasado perpendicular a la mano buena que produce los cortes atravesados en la cantería del granito.

Morilla/o: piedra prismática que se pone en los hogares para mantener la leña en hueco y que arda mejor (Cuéllar; Calleja, 1996).

Morro: cantos y bloques decimétricos que se encuentran entre las arenas y gravas.

Ñusco: pedrusco o piedra grande (Calleja, 1996).

Ocre: óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso que aparecen en agregados pulverulentos.

Pedernal: cualquier variedad cripto o microcristalina del cuarzo, tanto calcedonia,



A



B



C

Figura 270. Majanos: amontonamientos de bloques y cantos extraídos de los campos de cultivo y apilados en las lindes y márgenes de los caminos: A) majano de calizas de los páramos en Cuéllar (Foto: A. Díez); B) majano de cantos rodados de cuarcita en Valseca (Foto: A. Carrera); C) majano de calizas y dolomías cretácicas en Sepúlveda (Foto: A. Carrera)



Figura 271. 'Piedra calavera': Bloque de roca, normalmente calcárea (calizas, dolomías, margas...), que ha sido horadada por la acción cárstica, adoptando peculiares morfologías, que en ocasiones recuerdan a esqueletos humanos. Majanos del páramo de Cuéllar. (Foto: A. Díez)

silex o jaspe; da nombre a la patrona de Basardilla, la virgen del Pedernal; existen parajes con el topónimo El Pedernal al sureste de Hoyuelos y al oeste de Armuña.

Pelos (Bernardos/Villacastín): pequeñas estructuras tectónicas lineales en las pizarras, de dimensiones milimétricas y desarrollo decimétrico, formadas por crenulación, microplegues o kink-bands; suponen un inconveniente en el lajado de la roca, ya que son la dirección preferente de partición; en la cantería del granito son fisuras que siguen la mano buena (dirección de tracción tectónica).

Piedra berroqueña: roca consistente que forma bolos, berrocales y pedrizas; normalmente se trata de granitoides y, en menor medida, migmatitas y gneises; se aplicó con carácter exclusivo a los granitoides hasta el siglo XVIII.

Piedra calavera: roca con numerosas oquedades de tamaño decimétrico y formas caprichosas, normalmente asociada a la carstificación superficial de las calizas y dolomías.

Piedra caliza o de cal: roca carbonática (caliza, dolomía o marga) o con abundante cemento carbonático (areniscas dolomíticas); da nombre al paraje Las Calizas, al sureste de Hoyuelos.

Piedra de afilar: fragmento de roca de alto contenido en cuarzo (cuarcita, arenisca, cuarzo...) utilizado para afilar los útiles de corte (cuchillos, tijeras, etc.); en Segovia eran muy apreciadas para afilar las tijeras de esquila de las cuarcitas procedentes de Domingo García.

Piedra de amolar: roca arenisca cretácica usada para afilar o fabricar muelas de molino.

Piedra de enjalbegar: calizas cretácicas micríticas (partículas muy finas), usadas para enjalbegar.

Piedra de las Nieves: granito explotado en las canteras de Las Nieves (barrio de San Lorenzo, Segovia).

Piedra del rayo: fragmento de roca o mineral pulido artificialmente y atribuido al arte neolítico, que los agricultores encontraban en los campos de cultivo; se creía que estaban originadas por la caída de un rayo, y que protegían de nuevas descargas el lugar en que se depositaban, por lo que se ponían en establos o caseríos aislados.

Piedra molinera: roca utilizada para la fabricación de las muelas de molino (francesa), que en Segovia se elaboraban de muy diferentes materiales: areniscas dolomíticas (Cueva de la Zorra, Segovia), granitoides (Balisa), calizas (Fuentepelayo), pizarras...

Pingolocho: montón de piedras colocadas en posición vertical, es decir, unas encima de otras (Navares de Ayuso; Calleja, 1996).

Pizarra: roca consistente con planos que facilitan su lajado y color oscuro (ligeramente bituminosa o ampelítica); en ocasiones se aplica a cualquier roca que se laja o que tiene forma tabular, como ocurre en el pago de Las Pizarras (Coca), donde aparecían planchas de mármoles romanos.

etnogeología

Ríos viejos: cantos rodados de origen fluvial, normalmente de cuarzo o cuarcita.

Rucho/a: canto pequeño que se pone en las paredes para que asienten mejor las piedras y tapar agujeros que dejan entre ellas (zona de Pedraza; Calleja, 1996).

Salega: piedra plana en la que se machaca el lino; también piedra sobre la que se daba sal a los animales (La Cuesta; Calleja, 1996).

Salistrón (Villacastín): pelo esquinado respecto a las manos en la cantería del granito.

Sangrimoro: piedra rojiza que se encuentra en la Cuesta de San Isidro de Domingo García (Calleja, 1996).

Tamizo: bloques de barro compactado que se empleaban para cubrir las paredes de las caleras (Cabezuela), y que se extraían de zonas de barreros y adoberas.

Tapa (Villacastín): laja de roca granítica que se desprende por descompresión en la parte superior de la cantera.

Tierra de Segovia: variedad de cal común, caliza micrítica blanca, obtenida a partir de calizas del valle de Tejadilla y cerro de la Piedad, que se aplicaba para pulir y limpiar metales.

Toba: depósito arenoso cementado por carbonatos; se usa tanto para los niveles inferiores de las arenas de la Tierra de Pinares, cerca del sustrato carbonático, como para los caliches y calcretas de las campiñas; en menor medida se ha usado para las tobas calcáreas de origen travertínico y para la alteración arcillosa de los gneises (Mata de Quintanar).

Tobizo: “así denominan en el país una especie de magnesita basta, de color parduzco, que se corta fácilmente con la navaja cuando sale de la cantera; es muy refractaria, y por eso se hacen con ella hornillos y barras para sujetar la lumbre, en Carrascal del Río, Migueláñez y, sobre todo, en Valseca, desde donde aquellos objetos se exportan a los pueblos circunvecinos” (Cortázar, 1891, pág 180).

Vieja (Villacastín): zona circular u ovalada alterada dentro de un bolo granítico, que suponía su pérdida para ser canterado.

Yeso o **espejuelo:** yeso cristalino.

Para saber más: Areitio y Quiroga (1874); Asensio (1876); Calleja (1996); Cortázar (1891); Moreno (1989); Pecharromás (1991); Soler *et al.* (2003).



Figura 272. Caleras de Vegas de Matute. (Foto: A. Carrera)

LA GEOLOGÍA Y LA ETNOGRAFÍA

El sustrato geológico entendido como las rocas del subsuelo, y fundamentalmente como condicionante de la configuración paisajística del relieve y los usos del territorio (agrícolas, ganaderos, forestales, mineros...), ha hecho que a lo largo de los siglos se desarrollen en Segovia infinidad de topónimos, tradiciones y leyendas. Algunos de los milagros atribuidos a santos segovianos encuentran una posible explicación 'científica' alternativa a partir de su estudio geológico. Finalmente, existen muchos factores geológicos que tienen influencia sobre la salud de los segovianos.

Los nombres de los lugares: toponimia

La toponimia de parajes y accidentes geográficos es la principal fuente del conocimiento tradicional sobre el medio natural segoviano. Existen infinidad de bellos ejemplos de topónimos con una íntima relación con las formas del relieve a las que se refieren, entre los cuales cabe destacar, por su extendido empleo en Segovia, los siguientes: sierra, berrocal, pedrera, collado, portillo, guijar, val, nava, lastra, peña, picozo, hoz, otero, llano, campo, arahuetes, barranco, cárcava, otón, montón, cuesta, ladera, páramo, arenal, cotarro, bodón, laguna, vega, hontanar...

La explicación geológica y las variantes locales de buena parte de los topónimos ya han sido ampliamente tratadas a lo largo de los diversos capítulos del libro, pero quisiéramos entresacar, por su singularidad y arraigo popular, algunos que se refieren a:

- *Virgenes, sus ermitas y santuarios*

- Virgen del Pedernal (Basardilla): por la situación de la ermita cerca del cerro de El Guijo, relieve residual asociado a un filón de cuarzo (asociado a una falla NE-SO) que contiene además variedades de la sílice de tipo pedernal, sílex y jaspes.
- Virgen de la Lastra (Arcones): al situarse la ermita sobre una zona donde afloran calizas y dolomías cretácicas, cuyos estratos están prácticamente horizontales (inclinados sólo cinco grados hacia el SE), formando en superficie una laja o plancha.
- Virgen de la Peña (Sepúlveda): por situarse la iglesia al borde de un abrupto cortado rocoso que corresponde a la orilla interna de un meandro del cañón del río Duratón en Sepúlveda.
- Virgen del Otero (Balisa): al ubicarse la ermita en un pequeño alto (otero) situado al NE del pueblo, ocupado por un berrocal granítico.
- N^a S^a de la Cuesta (Escobar de Polendos): al situarse la ermita en la culminación de una ladera o cuesta de la margen derecha del valle del arroyo Polendos en



Figura 273. Monasterio de Nuestra Señora de los Ángeles de la Hoz, que debe el nombre a su ubicación en la orilla interna de un constreñido meandro del cañón, cuya forma en planta recuerda al apero de labranza. (Foto: A. Carrera)

etnogeología

los materiales areno-arcillosos cenozoicos.

- N^a S^a de la Losa (El Espinar, s. XIX): por estar la antigua ermita (hoy en ruinas) sobre una gran lancha o 'losa', superficie de granito subhorizontal o ligeramente convexa, que sirve como suelo de la ermita.

- N^a S^a de las Vegas (Los Huertos): al ubicarse la ermita en la base de un cerro, sobre las terrazas aluviales del río Eresma, que forman la parte fértil del valle o vegas.

- N^a S^a de las Vegas (Requijada): por estar situada la iglesia sobre los niveles de terraza aluvial y conos de deyección de la margen izquierda de la vega del río Cega (ver capítulo específico).

- N^a S^a del Pozo Viejo (Nieva): al encontrarse la ermita sobre materiales detríticos cenozoicos (conglomerados, arenas, gravas y cantos), que permiten la excavación de pozos para aprovechar el acuífero subterráneo, al noroeste del macizo pizarroso (y casi impermeable) de Santa María la Real de Nieva.

- N^a S^a del Soto (Revengea): al situarse la ermita sobre una nava o soto, zona de intensa fracturación del piedemonte donde la roca se encuentra muy fracturada, permitiendo la existencia de agua a escasa profundidad y la vegetación freatofita asociada (fresneda).

- N^a S^a de Hontanares (Riaza): por situarse la ermita a media ladera del pico Merino, en una zona con canchales cuarcíticos, donde manan varias fuentes u hontanares que drenan los acuíferos detrítico superficial y fisural profundo.

- N^a S^a del Otero (Castrillo de Sepúlveda): al situarse la ermita sobre el cerro de El Otero (1176 msnm), más de 100 m por encima de las localidades de Castrillo y la vecina Uruañas; se trata de un relieve residual (cerro testigo) de las superficies erosivas en los relieves estructurales de materiales cretácicos.

- N^a S^a del Valle (Montejo de Arévalo): en referencia al próximo valle del río Adaja, encajado en la denominada superficie de Arévalo, desarrollada en los arenales.

- N^a S^a del Valle o del Val (Montejo de la Vega de la Serrezuela): al situarse la ermita en la base de la ladera izquierda del valle-cañón del río Riaza.

- Santa María de la Sierra (Sotos Albos-Collado Hermoso): por estar las ruinas del monasterio situado sobre un replano en el inicio de la ladera de la Sierra.

- N^a S^a de la Hoz (Sebúlcór): por estar las ruinas del monasterio en la orilla interna de las Hoces del río Duratón.

- Iglesias de santos y cristos

- San Antonio del Cerro (Navas de San Antonio): al estar situada la ermita sobre un cerro que en realidad es el borde de la ruptura del piedemonte serrano en su articulación mediante línea de fractura con la campiña.

- Santo Cristo del Valle (Villacastín).



Figura 274. Bodegas excavadas en la provincia de Segovia: Cerro del Telégrafo en Codorniz. (Foto: A. Díez)

- Nombres de localidades

- El Arenal: aludiendo a su situación al pie de las laderas arenosas del valle del arroyo del Pontón, donde afloran y se extraen arenas silíceas desde hace siglos.
- Berrocal: en referencia a los afloramientos de roca berroqueña, o granitos, formando bolos y canchales.
- Guijasalvas: en referencia a los frecuentes cantos de cuarzo (guijas) de color blanco (albas) que, procedentes de los arrastres del río Moros desde la cercana Sierra de Guadarrama, pueden encontrarse en las inmediaciones de la localidad. Con la misma raíz existen El Guijar, Guijar de Valdevacas, etc.
- Pedraza: en alusión a la gran roca sobre la cual se sitúa el pueblo, individualizada del entorno por el encajamiento de dos arroyos.
- Peñasrubias: en alusión a los cercanos cortados rocosos (peñas) de colores beige-anaranjados (rubias) correspondientes a los afloramientos del cañón del Pirón-Viejo.
- Covatillas (caserío): por existir en su entorno pequeñas cuevas.
- La Lastrilla, Lastras de Cuéllar, Lastras de Lama y Lastras del Pozo: en referencia a su situación sobre rocas cretácicas (calizas y dolomías), cuyos estratos están subhorizontales, dando lajas o planchas en superficie.
- La Losa: aludiendo a la presencia de lanchares graníticos o losas, afloramientos subhorizontales o convexos de roca.



Figura 275. Bodegas excavadas en la provincia de Segovia: Ladera del castillo en Ayllón. (Foto: A. Díez)

Tradiciones y costumbres

Además de la toponimia, la impronta de las rocas y el relieve condiciona las tradiciones y costumbres, posibilitando o impidiendo el desarrollo de hábitos y rutinas de los pueblos que allí habitan.

Un ejemplo es la presencia de la cultura del vino y la merienda en la bodega o lagar, característica de los repobladores riojanos, vascos y navarros, y que sólo encontró acomodo en aquellas localidades segovianas en las cuales podían excavar bodegas subterráneas. Para ello era preciso que existieran, en las inmediaciones de los núcleos de población, alternancias de rocas resistentes y horadables en el subsuelo, lo que permitía una fácil excavación a la vez que una mínima sustentación. Estas alternancias no son frecuentes en Segovia, por lo que las localidades con bodegas subterráneas quedan restringidas a media docena de tipos de sustrato rocoso, ejemplarizadas por las localidades de:

-Ayllón: donde en las laderas del cerro del castillo (La Martina) alternan capas resistentes de areniscas con niveles más horadables de arcillas y limos; las bodegas se excavan en las arcillas, sirviendo los bancos de areniscas de techo y, en ocasiones, de solera.

-Codorniz: en las laderas del cerro donde se ubica el antiguo edificio del telégrafo óptico, aprovechando la alternancia de areniscas y conglomerados, con los niveles limo-arcillosos.

-Villaverde de Montejo: aprovechan la alternancia de bancos cementados de conglomerados y areniscas de arenas silíceas, con niveles limo-arcillosos, más fácilmente horadables.

-Fuentidueña: en la ladera del castillo, aprovechando la alternancia de bancos de calizas (más resistentes) y niveles margosos (donde se excavan las bodegas); de manera semejante se localizan las famosas bodegas de Lastras de Cuéllar.

-Sepúlveda: en el recinto amurallado, aprovechando la alternancia de bancos de calizas (más resistentes) y margas (donde se excavan las bodegas, hoy algunas 'peñas', agrupaciones de vecinos durante las fiestas).

Entre los juegos y tradiciones infantiles relacionados con las rocas y los minerales, conviene destacar los 'dados' o 'sangrimoros' (Calleja, 1996) de la Cuesta Grande, en Domingo García (Domingo, 1983):

"La tradición entre los niños del pueblo consistía en frotar un 'dado' en una superficie dura y lisa, a la que previamente se había echado un poco de agua o simplemente saliva, y naturalmente, el líquido quedaba teñido de rojo debido al hierro de la pirita, pero que la imaginación infantil convertía, no sabemos por qué causa en 'sangre de moro'. Esta tradición es muy ingenua, pero antiquísima, y se ha venido transmitiendo entre los niños del pueblo hasta no hace muchos años".

Dichos dados no son otra cosa que cristales cúbicos de pirita que han sido limonizados (sustituida la pirita por óxidos o hidróxidos de hierro), como consecuencia de la alteración y oxidación de la roca donde están contenidos (pizarras). Aunque no ha podido ser confirmado con testimonios actuales, algunos pastores de Domingo García, Bernardos y Miguel Ibáñez creen recordar que sus antepasados arrojaban dichos dados a los tejados desde carros para pedir buena suerte.

Las propiedades de algunas rocas también son objeto de dichos y frases hechas, como es el caso de las brechas de cuarzo típicas de las peñas en zonas pizarrosas. De ahí la frase antiguamente utilizada en el entorno de Santa María la Real de Nieva para las personas tozudas: *"Tienes la cabeza más dura que la Peña Pinilla"* (G. Herrero, com. pers.).

Leyendas y cuentos infantiles

Muchas de las leyendas, cuentos y narraciones populares de Segovia se basan en elementos del relieve (montañas, cerros, fuentes, cuevas, bolos graníticos, etc.), participan en ellos objetos pétreos, o pueden ser reinterpretados desde la perspectiva geológica.

Entre las narraciones populares sobre la formación de montañas y cerros destaca la leyenda de la Mujer Muerta, tanto en su variante de una madre con sus

Figura 276. Relieves de la Mujer Muerta, objeto de narraciones populares sobre la formación de estas montañas. (Foto: A. Carrera)



dos hijos, como en la que se le asocia como esposa del mítico Hércules. Según ambas, la actual alineación montañosa de los picos de La Pinareja-Alto del Oso-Pasapán serían en realidad la cara, el abdomen y los pies, respectivamente, del cuerpo tendido de una mujer fallecida y petrificada; un perfil al que los segovianos hemos acomodado nuestra vista e imaginación.

El origen de algunos cerros, oteros, montones y otones también se asocia a leyendas y cuentos, como la popular parábola del Montón de Trigo y Paja, según la cual los cerros otrora estaban constituidos por grano y paja y fueron transformados en roca por castigo divino a un hombre rico al no socorrer a un pobre.

Los relieves graníticos del piedemonte, y en especial los bolos y berrocales, han sido objeto de diferentes leyendas y tradiciones orales, que van desde una peculiar toponimia (ver epígrafe anterior) hasta hipótesis genéticas muy singulares. Existe un mito muy extendido en la provincia que atribuye propiedades mágicas al entorno de los grandes bolos graníticos, pensándose que se trataba de lugares de reunión de tribus prerromanas para sus rituales religiosos; es el caso

de la Cueva del Monje en Valsaín, la Peña Campanario en el berrocal de Ortigosa del Monte, o el Botón de Balisa. Este último bolo granítico tiene otros dichos y curiosidades populares: se supone que bajo él hay una cueva de brujas, cuya entrada tapa; sobre el Botón crece desde hace años una parra aprovechando una grieta, que 'milagrosamente' nunca se ha secado, y que es cuidadosamente podada por los vecinos en el mes de marzo; y finalmente, un dicho popular afirma "*En Balisa está el botón y en Nava el ojal*" en referencia a una laguna de Nava de la Asunción (Balsa Larga), hoy desecada, que se abastecía del arroyo Balisa, y tenía forma ojival, perfecta para 'abrochar' el Botón.

En el origen de muchos mitos y leyendas están las cuevas de la provincia. A pesar de sus reducidas dimensiones (salvo excepciones), muchas tienen historias sobre largas exploraciones de los lugareños, acompañados de rudimentarias antorchas o cerillas, guiados por hilos para no perderse. Muy común es el mito de las cuevas integrales, esto es, con entrada y salida en diferentes sitios, que comunican pueblos entre sí (Fuentidueña con Fuentesoto), o lugares distantes de un mismo municipio. Esta narración se adereza normalmente con algún hecho que supuestamente lo corrobora, como introducir animales (gallinas, conejos...) o elementos vegetales (paja con agua) que luego han aparecido en otro sitio, en ocasiones bastante lejos. También es frecuente que se afirme que existen en el interior de las cuevas tesoros u objetos valiosos, como el becerro con los cuernos de oro que supuestamente hay en el final de una cueva de Castroserna de Abajo; algo semejante ocurre en Ayllón y Sacramenia. Relacionado con las cuevas y bodegas existe en algunos pueblos el mito de los "encantarados", personas que bajo el influjo de un encantamiento quedan presos en los pasadizos subterráneos, alimentándose de raíces, sin poder salir hasta que otra persona les releve (Sanz, 2000). Por último, son abundantes los relatos y mitos sobre muertes y desvanecimientos de visitantes en cuevas, debido a hipotéticos gases venenosos, fundamentalmente tufo (anhídrido carbónico); es el caso de los relatos sobre las cuevas-champiñoneras del valle del Clamores (Segovia), que los adultos nos contaban a los chavales para disuadirnos de entrar en ellas. Todo ello contrasta con el escaso desarrollo, en general, de las cuevas y cavidades segovianas.

Otra fuente de tradiciones y leyendas, y nunca mejor dicho, son las fuentes naturales y manantiales de la provincia. La peculiar composición de sus aguas (Fuente Salada en La Losa), las supuestas propiedades curativas de sus aguas, casi milagrosas (fuente de la Salud en Sepúlveda), o venenosas (Valhondo en Aldea Real), el origen de su abundante caudal, o su relación con hechos religiosos, han dado lugar a un abundante patrimonio etnográfico en Segovia. La fuente de Valhondo es un caso peculiar de disputa entre dos municipios (Aldea Real y



Escalona del Prado) en cuyos límites se sitúa, pero no por su posesión, sino por atribuir su pertenencia al otro municipio vecino; la causa de esta infrecuente cesión radica en el dicho popular “*De la fuente de Valhondo, quien bebe se vuelve tonto*”. Las características del agua de la Fuente Salada (La Losa), con patente olor sulfuroso, se atribuye a las lágrimas amargas de un noble cristiano por el amor de una reina mora, cuyo carruaje se habían tragado las arenas movedizas de una sima (Sanz, 2000), de manera análoga a la leyenda del Pozo Amargo de Toledo. Varias tallas de patronas segovianas aparecieron en fuentes o sus inmediaciones, como las vírgenes de La Fuencisla, El Henar (fuente del Cirio), El Bustar...

En relación con las fuentes se encuentran las aguas subterráneas, que en

Figura 277. El Botón de Balisa es un bolo granítico que, por sus dimensiones y su peculiar ubicación en el interior del pueblo, ha suscitado diversas leyendas y dichos populares. (Foto: A. Carrera)

opinión de algunos segovianos circulan por el subsuelo a favor de “*veneros, vetas o corrientes*”, a modo de ríos subterráneos y grandes lagos. Aunque en ocasiones tiene una explicación científica (conductos cársticos, paleocauces de mayor permeabilidad, zona de fracturación...), lo lógico es que la disposición del agua en los acuíferos poco tenga que ver con esos supuestos *veneros*. Con esta simple explicación justifican que dos pozos, próximos entre sí, aporten caudales muy distintos; también achacan a esta circunstancia el que un nuevo pozo abierto próximo a otro, un manantial o laguna, produzca el descenso del nivel del agua o su desecación, ya que “*le ha quitado la veta de agua*”.

También han generado mitos los lugares donde supuestamente se han sumido o hundido personas, sus carretas y/o animales de carga, como los trampales y tollas de la Sierra donde habrían muerto varios gabarreros (Sanz, 2000), las simas de Madrona (leyenda de Fuente Salada), o los prados inundables y zonas encharcadas de la Tierra de Pinares (Santa María de Salcedón en Lastras de Cuéllar; Sanz, 2000).

Finalmente, también existen mitos sobre riquezas relacionadas con las minas. Muchos pueblos de la Provincia dicen tener restos de minas romanas o árabes de las que se extrajeron enormes cantidades de metales preciosos (oro o plata); aún más, algunos afirman que su situación es secreta, y que aún conservan buena parte de su riqueza sin extraer. Un caso destacado lo constituye el supuesto descubrimiento de oro en el subsuelo de una casa en Santiuste de San Juan Bautista, que fue portada de la revista gráfica madrileña ‘Estampa’ el 24 de agosto de 1935 (número 397). Para confirmar y concretar la situación de la fraudulenta veta de oro, se desplazaron a la localidad el denominado profesor Aris, acompañado su ‘medium’ (la Srta. Fakara) y los reporteros de dicha revista. Todo ello procedía de la confusión del oro, probablemente con láminas de micas que contienen los sedimentos neógenos, y derivó en una farsa y un intento de engaño.

Milagros y apariciones

Varios son los milagros, apariciones de vírgenes y hechos relacionados con los santos y beatos segovianos, que guardan relación con la geología. Entre ellos destacan los vinculados a San Frutos, patrón de Segovia y su provincia, y sus hermanos Valentín y Engracia.

Milagros de San Frutos

Sin duda alguna, de los múltiples milagros y hechos atribuidos a San Frutos, el más popular es el de la Cuchillada: según la hagiografía reciente (Díaz, 1971),

etnogeología

ante la llegada de los infieles musulmanes a las inmediaciones de su retiro en una península de las Hoces del Duratón, San Frutos dio un fuerte golpe con su cayada, y señalando una raya en el suelo con su báculo, provocó que las peñas se abrieran formando una profunda hendidura. Esta grieta, que algunos reconocen hoy en día, separa en dos partes la península rocosa de la orilla interna de un meandro de las Hoces, precisando un pequeño puente para ser salvada por los visitantes y fieles que acuden hasta la ermita del Santo. Calleja (1983) narra el suceso en forma de verso:

*"Pero, al hollar los primeros
la raya que trazó el Santo
un estruendo pavoroso
retumbó en montes y llanos
al tiempo que se partía
la roca de arriba abajo
por la línea que trazó
san Frutos con su cayado,
quedando a un lado los moros
y a otro lado los cristianos".*

Una explicación geológica sobre la formación de la grieta podría esclarecer lo ocurrido. La Cuchillada parece corresponder a una de las múltiples diaclasas que existen en las rocas carbonáticas de las Hoces, producidas por efecto del plegamiento alpino; en concreto, esta diaclasa se asocia a la charnela de una amplia inflexión anticlinal que afecta a toda la península que encierra el meandro. Estas grietas han sido posteriormente ensanchadas por erosión y disolución cársica, así como por el desprendimiento de grandes bloques desde los cortados próximos. Y aquí puede estar la clave de lo acontecido en el siglo VIII de nuestra era: San Frutos, con los golpes de su cayada, o apalancando en alguna pequeña fisura de las paredes de la grieta, pudo provocar un desprendimiento que ensanchó la misma. Estos desprendimientos se producen de forma natural a lo largo de los cortados rocosos del cañón, y sólo en las inmediaciones de la ermita se han catalogado más de media docena de importancia en la última década.

Otro milagro de reciente narración, vinculado igualmente a San Frutos y a la geología, es el de 'Artribio el cantero' (Sanz 1988). Parece ser que, a pesar de su ceguera causada por una esquirla de roca, la inspiración de San Frutos le permitió labrar una escultura del Santo con destreza.



Figura 278. Cuchillada de San Frutos (en primer plano, parte inferior de la fotografía), profunda grieta en la roca de la península donde se ubica la ermita, y que la tradición atribuye a uno de los milagros del Santo. (Foto: J.F. Martín Duque)



Figura 279. Fuente Santa, lugar donde se realizan las 'Mojadas de Caballar', ceremonia religiosa de rogativa de lluvias. (Foto: A. Carrera)

Las Mojadas de Caballar

En la Fuente Santa de Caballar, según la tradición, fueron arrojadas por los musulmanes las cabezas decapitadas de San Valentín y Santa Engracia, los hermanos de San Frutos. Posteriormente los restos emergieron a la superficie de la fuente y allí fueron recogidos y depositados en la iglesia parroquial como reliquias venerables. Por ello, todo lo relacionado con la Fuente tiene propiedades milagrosas.

El ritual más significativo son las denominadas 'Mojadas de Caballar', ceremonias religiosas de inmersión de las reliquias de ambos Santos para rogar por la llegada de las lluvias, tras 'pertinaces' periodos de sequía (Calleja, 1988). Se tienen noticias documentales de la celebración de esta ceremonia desde el final de la Edad Media, aunque probablemente fuera más antigua. La tradición afirma que nunca han fallado, y que siempre se han producido las deseadas lluvias tras cada una de las 27 mojadas documentadas entre 1593 y 1982. De forma indirecta, este amplio registro documental de las Mojadas, junto con las rogativas a las vírgenes de las Vegas y del Carrascal, nos sirven para obtener importante información sobre las rigurosidades del clima segoviano a lo largo de los últimos cuatro siglos, útil en el estudio del cambio climático. De la misma manera se pueden interpretar las subidas y bajadas de la Virgen de La Fuencisla motivadas por sequías en 1598, dieciocho años del siglo XVII, 1726 y 1753 (Baeza, 1864).

Milagros y apariciones de vírgenes

Entre todos los hechos milagrosos atribuidos a vírgenes segovianas, destacan por su conexión con la actividad geológica las intercesiones de la Virgen de La Fuencisla en Segovia. Dos de las siete obras pictóricas sobre lienzo anónimas realizadas en 1613 por encargo de miembros del Gremio de Pesadores, y ubicadas en el Cuarto de las vitrinas (Salón de los Cuadros) del Santuario de Nuestra Señora de La Fuencisla, representan y relatan sendos hechos milagrosos durante desprendimientos de rocas acontecidos en el siglo XVI:

"Año de Christo 1531 No se conuinendo con los canteros que cortasen pedra para reparo de la ermita derepente cae la peña de do lo avian de cortar cogiendo de vaxo mucha gente a ninguno hiço mal".

"Año de Chisto 1581 Arrancase un gran peñasco de las grageras viene con furia velos sobre la hermita a sombrase los ojentes y el sacerdote que dyce missa ruega a la virgen a los remedie de tñenese el peñasco en una vara de una çarça ala a lad los tejados sin tocar a ellos".

Estos hechos milagrosos fueron recogidos posteriormente en el Libro de los Milagros de Nuestra Señora (1611) y en el trabajo de Tomás Baeza González

etnogeología

sobre el Santuario (1864), aunque con la fecha de este primer hecho ligeramente cambiada (año 1535). En esta última obra se recogen detalladas descripciones de la obra de desvío del cauce del río Eresma que se hizo en 1846 para combatir al que, junto con los desprendimientos, consideraban uno de los “*enemigos capitales y obstinados del santuario*”: las inundaciones.

Las apariciones de las vírgenes segovianas o el redescubrimiento de antiguas tallas enterradas, en numerosas ocasiones se vincula con las características geológicas. Así, además de las citadas apariciones vinculadas con fuentes y manantiales, otras se han producido en cuevas (Virgen de la Peña, Sepúlveda; Virgen de los Remedios, Cueva Labrada, Castroserna de Abajo; Virgen de Hontanares, Riaza) o bajo pizarras (Virgen de la Soterraña, Sta. M^a la Real de Nieva; y Virgen de la Aparecida, Valverde del Majano).

Otros hechos religiosos con vinculación geológica

En Segovia, dentro de las instalaciones del antiguo Convento de Santa Cruz la Real (actual sede de la Universidad SEK de Segovia) se encuentra la denominada Cueva de Santo Domingo. En este lugar se supone, según la tradición, que se produjo el retiro y oración del santo en la Edad Media. Sin embargo, por su situación en materiales arcillosos y arenosos cretácicos, esa zona no es propicia para la formación de cuevas naturales por carstificación. Por ello, caso de que originalmente el lugar de oración fuese una cueva y no una construcción artificial, dos pueden ser las hipótesis de su origen: el orificio que queda bajo los grandes bloques de areniscas y dolomías que se desprendían naturalmente desde los cortados de la base del recinto amurallado; o bien los restos de antiguas excavaciones de minería para la extracción de arenas silíceas, muy frecuentes en la zona desde tiempos remotos, como se deduce de escritos de Enrique IV tratando de regular su realización.

Cuenta una leyenda milagrosa que la construcción de la ermita de la Virgen de la Aparecida (Valverde del Majano) en la parte baja del cerro donde se halló la Virgen tuvo enormes dificultades, pues lo construido durante el día aparecía destruido por la noche (Sanz, 2000). Sólo cuando decidieron construirla en lo alto del cerro pudieron terminarlo con normalidad, como si la Virgen quisiera estar en el lugar donde apareció. La explicación científica a este hecho puede relacionarse con las arcillas que forman la base del cerro, que tienen propiedades expansivas cuando son humedecidas por la lluvia, lo cual produce el deterioro de los edificios construidos encima; pasó recientemente con el puente sobre el antiguo ferrocarril Segovia-Medina. Sin embargo, la cima del cerro está constituida por arenas y gravas no expansivas, sobre las que no tiene ningún inconveniente la construcción.



Figura 280. Ermita de la Virgen de la Aparecida, ubicada a media ladera de una loma de la campiña, en lugar de en su base, debido a la presencia de arcillas expansivas, con las que se vincula un milagro. (Foto: A. Carrera)

La geología de Segovia y la salud de los segovianos

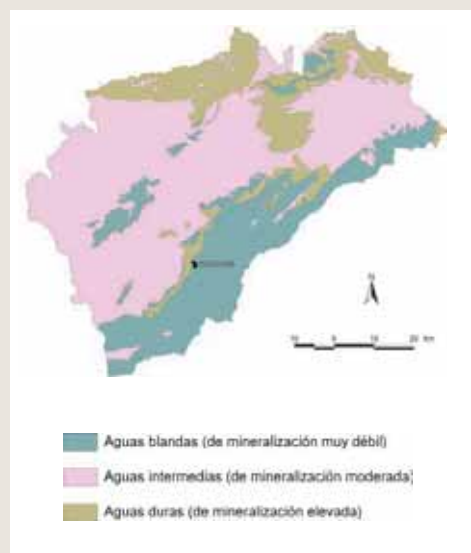
La constitución geológica de cada territorio de la Provincia llega incluso a condicionar algunos aspectos puntuales de la salud de los segovianos, no sólo en cuanto a lo ventilado o insalubre de las localizaciones geomorfológicas de los enclaves habitados (como bien recogía Madoz en su Diccionario), sino en la aparición o incidencia de determinadas enfermedades.

Es el caso de las conocidas 'piedras del riñón' o cálculos nefríticos (litiasis urinaria) que, entre los múltiples factores que condicionan su desarrollo, están vinculadas con las características del agua de consumo. Como el agua consumida está íntimamente relacionada con la composición del subsuelo, según el tipo de terreno sobre el que se sitúan los pueblos, la incidencia de esta dolencia es mayor o menor. Así, en igualdad de los otros factores, existe un mayor número de afectados por litiasis cálcica en localidades como Sepúlveda, Villaseca, Villar de Sobrepeña, Valle de Tabladillo..., donde las aguas tienen composiciones bicarbonatadas cálcicas muy mineralizadas, debido a su paso por calizas y dolomías; frente a localidades como La Granja, El Espinar, Riaza, Ortigosa del Monte..., donde la mineralización de las aguas es escasa, ya que las aguas circulan por gneises, pizarras y granitoides. Sirvan como ejemplo comparativo de este contraste entre las mineralizaciones, las composiciones de las aguas de la fuente de La Salud en Sepúlveda y los manantiales de La Becea en Ortigosa del Monte:

Manantial	Roca	Composición química de las aguas (mg/l)							
		HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SiO ₂
La Salud	calizas	297,0	28,0	4,0	61,0	28,0	2,0	0,7	9,4
La Becea	gneises	7,1	-	0,9	1,5	0,3	2,7	-	9,5

Esta circunstancia era mucho más acusada hace varias décadas, ya que en tiempos recientes el aumento del consumo de agua mineral embotellada, la abundancia de los trasvases y conducciones de abastecimiento entre zonas distantes, y el aumento de consumo de aguas superficiales (nuevos embalses), han atenuado las diferencias que existían entre municipios cuando se autoabastecían de agua, fundamentalmente subterránea, procedente de pequeños pozos.

Otra posible fuente de enfermedades es la radiactividad ambiental, producida por la presencia de radionucleidos procedentes tanto del exterior de la Tierra (radiación cósmica), como de los presentes en los materiales del entorno. Buena parte de la provincia de Segovia, fundamentalmente el sector serrano del Guadarrama, se



La composición química y el grado de mineralización de las aguas está condicionada por la naturaleza del terreno

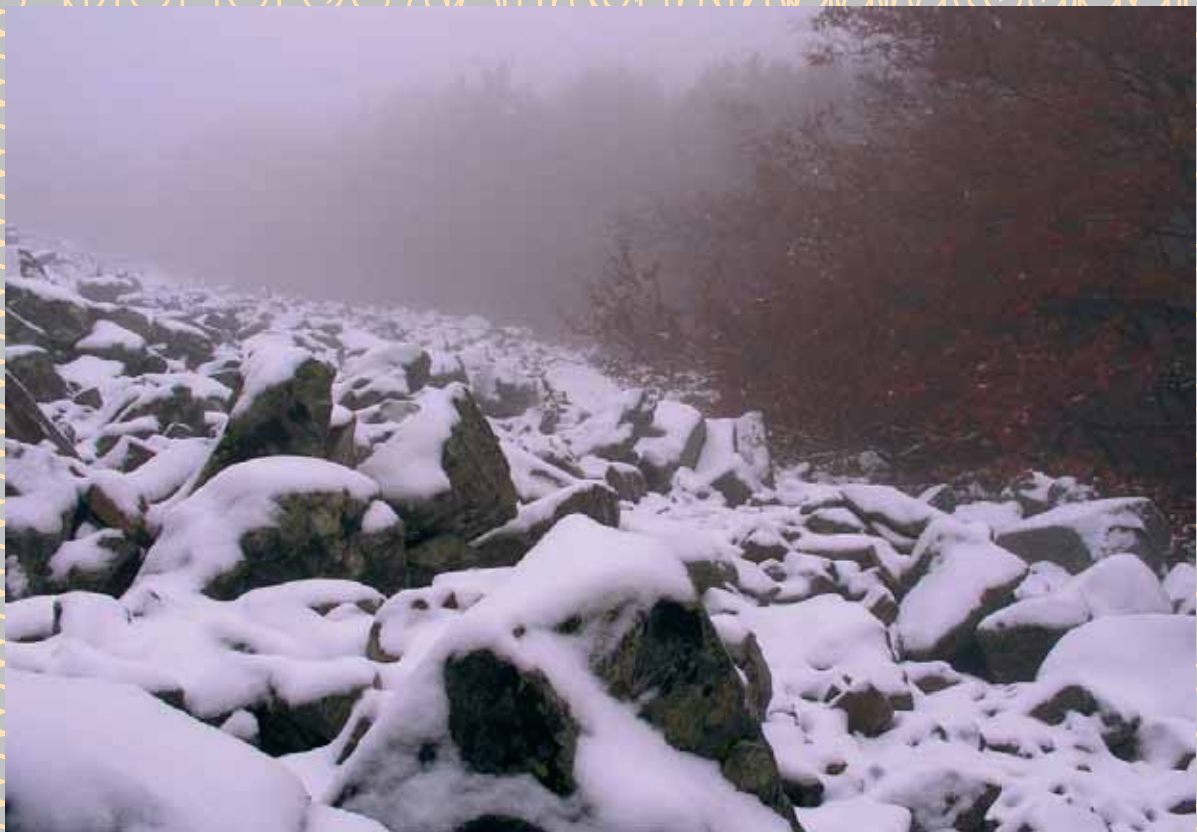
etnogeología

encuentra entre las zonas con fondo radiactivo alto, superando los 145 mR/α anuales; el resto de la Provincia tiene fondo normal, entre 85 y 145 mR/α (De Pedro, 1982). La radiactividad natural alfa no es agresiva para el ser humano, puesto que está apantallada y no pasa de la superficie de la piel, pero puede ser peligrosa cuando se asocia a la presencia del gas noble radón y sus descendientes, que pueden ser inhalados. Este gas abunda en las construcciones cerradas (poco ventiladas) excavadas en granitos ricos en feldespatos potásicos (sótanos, bodegas, garajes, etc.), o donde son utilizados con profusión como materiales de construcción (casas serranas, chalets modernos en piedra, etc.), como ocurre en el piedemonte de la Sierra; también en zonas de materiales arcillosos (ricos en potasio, como illita) ricos en materia orgánica. El radón se difunde a través del terreno, se mezcla con el aire, y es respirado por los seres vivos sin apreciar su existencia; al desintegrarse rápidamente, da lugar a aerosoles que se fijan en los alvéolos pulmonares, con posibles consecuencias cancerígenas (De Pedro, 2002).

Otro problema de salud pública con posible origen geológico es la contaminación por arsénico de las aguas subterráneas en un sector de la Tierra de Pinares; noticia de la que se hicieron eco los medios de comunicación durante el verano del año 2000. En una zona de unos 4000 km² entre las provincias de Valladolid, Segovia y Ávila, se detectaron altas concentraciones de arsénico en dilución (hasta 613 µg/l en un sondeo de Alcazarén a 40 m de profundidad) que superaban sobradamente el límite de la potabilidad para el agua (50 µg/l para la OMS, y 10 µg/l para la UE). En concreto, afectó a los municipios segovianos del extremo noroccidental de la Provincia: Villaverde de Íscar, Remondo, Chañe, Vallelado, Santiuste de San Juan Bautista, Fuente de Santa Cruz y Mata de Cuéllar, entre otros. El origen de la contaminación parece estar en el contacto o interacción de las aguas subterráneas con las rocas sedimentarias del sustrato que las albergan en los acuíferos; preferentemente con las margas y arcillas miocenas de las Facies Zaratán, que contienen óxidos e hidróxidos (de hierro, manganeso y titanio), coloides, micas y piritas con altos contenidos en arsénico, que pasa por desorción a estar disuelto en el agua (Sahún *et al.*, 2004). Aunque el origen del problema parece ser natural, la movilización del arsénico se ve favorecida por el descenso del nivel freático como consecuencia de la sobreexplotación de los acuíferos, y los referidos autores del estudio no descartan que local y ocasionalmente haya aportaciones de contaminantes de origen antrópico, esto es, por infiltración de abonos, fitosanitarios o residuos ganaderos (purines).

Para saber más: Baeza (1864); Calleja (1983); Calleja (1988); De Pedro (1982); De Pedro (2002); Díaz Garrido (1969); Díaz Garrido (1971); Díaz Garrido (1997); Domingo (1983); Sahún *et al.* (2004); Sanz (1988); Sanz (2000); Siguero (1997); Tardío (1997); Vergara Martín (1991).

para saber más
de los pioneros a internet



Se pueden distinguir tres etapas en el desarrollo histórico de los estudios sobre la geología de la provincia de Segovia, separadas por dos importantes hitos en el devenir de la historia de la geología hispana: la constitución en 1849 de la 'Comisión encargada de formar el mapa geológico de la provincia de Madrid y el general del Reino', con la que empezarían los estudios geológicos sistemáticos del territorio hispano; y la Guerra Civil española (1936-1939), que marcaría una inflexión en los enfoques, organización y disponibilidad de medios para las Ciencias de la Tierra en nuestro país.

Los pioneros: trabajos geológicos anteriores a 1849

Desconocemos con certeza cuál es el primer trabajo geológico escrito en el que se menciona la provincia de Segovia o alguno de sus parajes. Normalmente se cita como precedentes más remotos las descripciones fisiográficas contenidas en los trabajos de los geógrafos greco-romanos; como Estrabón, quien recopiló testimonios aportados por otros autores (Artemidoro, Polibio y, sobre todo, Posidonio), ya que él nunca pisó territorio hispano. El libro III de su *Geografía* (año 7 a.C. a 18 d.C.), dedicado a Hispania, recoge algunas referencias puntuales al relieve del centro peninsular.

Tras un amplio paréntesis temporal, el geógrafo hispano-musulmán Al Idrisi (Ceuta, 1100- ¿?, ¿1171?), en su tratado geográfico escrito para el rey siciliano Rogerio II (Libro de Roger) durante la Alta Edad Media, hace algunas referencias al relieve peninsular, ubicando la comarca de *Xerrath* ("de las sierras"); además describe brevemente el relieve circundante a la ciudad de Segovia.

A inicios del Renacimiento, el segoviano Andrés Laguna (1499-1559), entre su prolífica producción científica, realiza interesantes aportaciones a la Mineralogía, contenidas en las anotaciones a su traducción de la *Materia Medicinal* de Dioscórides (Marcelo y Díez, 2001). En particular propone nuevas hipótesis sobre el origen y naturaleza de los minerales, sus características y propiedades, e incluso propone de forma implícita una moderna clasificación de los minerales; de forma puntual Laguna describe magistralmente el proceso de fosilización de los restos orgánicos.

A pesar de la cercanía a la Corte, la provincia de Segovia no fue objeto de estudio por parte de los naturalistas hasta bien entrado el siglo XVIII, quizás motivado por su escasez en recursos minerales respecto a otras zonas de la geografía peninsular. Unas de las primeras observaciones de índole geológica realizadas en la provincia de Segovia proceden de la conocida obra 'Aparato para la Historia Natural Española' (1754) del franciscano José Torrubia (1698-1761). En el apartado 46 (páginas 42 y 43) se describe la primera exploración de una cueva con fines científicos, llevada a cabo en 1752 en Pedraza (ver páginas 212-214); igualmente, en el apartado 89 (página 79) habla sobre los restos fósiles que el Duque de Alburquerque tiene en su castillo de Cuéllar.

El geógrafo Guillermo Bowles describió a través de sus viajes por la península Ibérica (1752-1773) la constitución geológica de diferentes parajes, así como la variedad paisajística hispana. En su viaje de Madrid a Bayona por Valladolid atravesó los montes Carpetanos por la sierra de Guadarrama, y realizó una curiosa descripción del proceso de arenización de los granitoides, precedente remoto de los estudios de meteorización, recogida en su 'Introducción a la Historia Natural y a la Geografía Física de España': "La cordillera de esta montaña es casi toda de grani-



Figura 281. *LAPILLI VARII*. Ilustración de una estancia donde se exponen y manipulan minerales. Reproducida de una edición facsímil de la traducción de la *Materia Medicinal* de Dioscórides, hecha por el segoviano Andrés Laguna (1555), Libro V, pág. 563.

Figura 282. Ilustraciones de diferentes especies minerales reproducidas de una edición facsímil de la traducción de la *Materia Medicinal* de Dioscórides, hecha por el segoviano Andrés Laguna (1555) en su Libro V: A) SVLFVR (azufre), página 549; B) ADARCES, página 556; C) CORALLIVS (coral), página 557

para saber más de los pioneros a internet

to o piedra berroqueña. Esta se va poco á poco resolviendo en una especie de cascajo menudo por la disolución del betun que unía sus partes, y quedan sueltas las guijitas de Quarzo con hojas de talco y espato, que después con el tiempo se descomponen y convierten en tierra perfecta, y nó caliza” (Bowles, 1775). Además, en esta misma obra (página 448) recoge la presencia de una “*mina intacta de oro*” en San Ildefonso, ubicada en un filón de cuarzo en La Mata, cerca del almacén de pólvora, aunque no llega a ensayarla para comprobarlo.

El también geógrafo y naturalista Alejandro de Humboldt visitó la Meseta en el año 1799, publicando años más tarde (Humboldt, 1825) algunas de sus observaciones sobre la configuración geomorfológica de lugares como el puerto de Guadarrama o San Ildefonso.

El primer artículo de índole geológica realizado sobre una localidad segoviana, probablemente sea la nota que el afamado mineralogista Christian Herrgen publicó en los Anales de Historia Natural sobre un mineral encontrado en los alrededores de San Ildefonso: “el antracito” (Herrgen, 1799).

Desde este estudio puntual debemos dar un salto en el tiempo hasta las primeras décadas del siglo XIX. En esa fecha y como trabajo subsidiario a su labor profesional, miembros del Cuerpo de Ingenieros de Minas comienzan a describir geológicamente algunas zonas del centro peninsular tomando como base de operaciones la villa de Madrid.

Trabajos antiguos: entre 1849 y 1940

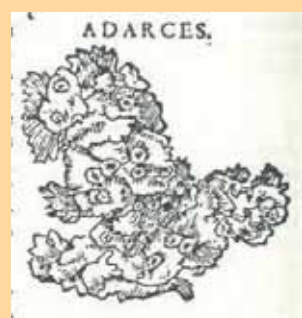
Los primeros estudios geológicos con visión moderna de la provincia de Segovia pertenecen a los trabajos de la ‘Comisión encargada de formar el mapa geológico de la provincia de Madrid y el general del Reino’ (1849-1873), quien recogía en sus Memorias anuales las conclusiones elaboradas por cada una de las secciones de que estaba integrada. Destacan los trabajos de la ‘Sección geológico-paleontológica’ de la Comisión, en la que su responsable, Casiano de Prado, realiza personalmente una ingente labor investigadora en el centro peninsular sobre temas diversos: los hipotéticos depósitos carboníferos limitados por el Guadarrama (Prado, 1852); y la constitución de las sierras y llanuras del interior peninsular (Prado, 1853).

En este contexto, Casiano de Prado es invitado a presentar una síntesis de sus trabajos en la sesión de la Sociedad Geológica de Francia el 6 de marzo de 1854. Esta conferencia, titulada “*Note sur le constitution geologique de la province de Segovia*”, publicada en el Boletín de la Sociedad (Prado, 1854a) y posteriormente transcrita en la Revista Minera (Prado, 1854c), constituye el primer estudio geológico de la provincia de Segovia en su conjunto.

La recopilación de algunas de las observaciones de la Sección por sus miem-



A



B



C



Figura 283. El plano geológico del Pinar de Valsain (1:40.000), elaborado en 1889 para la ordenación de los Montes, es uno de los primeros realizados en España a gran escala. Patrimonio Nacional.

bros dieron como fruto el primer mapa geológico en bosquejo de Segovia (Prado, 1855b), y los textos de notas, informes y memorias publicados por la propia Comisión o en la Revista Minera (Prado, 1854b, 1855a, 1856 y 1858).

Un trabajo aislado, pero no por ello menos importante, es el capítulo que ingeniero de montes José Jordana dedica al 'Terreno', esto es, a la geología y la edafología, en su pionera 'Memoria de la Garganta de El Espinar' (Jordana, 1862; en García y Sáiz, 1997). A pesar de no considerarse un especialista en la materia, hace una serie de consideraciones genéticas sobre el origen de las rocas (plutonismo, metamorfismo...) y la formación de los canchales, dignas de reseñar por avanzadas y novedosas. Demuestra conocer los trabajos más modernos en la materia (Fournet, M. Elie de Beaumont, Thurmann, Hundeshagen...), y se hace asesorar por los mejores especialistas en España (Juan de Vilanova y Piera).

A partir de 1873 la citada Comisión pasa a denominarse 'Comisión del Mapa Geológico de España', y en este último cuarto del siglo XIX emprende la realización de las memorias provinciales. La precursora entre todas estas descripciones, realizada para Madrid por Casiano de Prado (1864), se considera una de las publicaciones pioneras en las investigaciones sobre geología y geomorfología de España, y referencia para el resto. La descripción de la provincia de Segovia (Cortázar, 1891), contiene igualmente elementos de interés, aunque buena parte de ella consiste en la recopilación de los trabajos precedentes, fundamentalmente las publicaciones de Casiano de Prado (1854a-c, 1855a y b y 1858). También se estudian los recursos mineros de la provincia, fundamentalmente canteras y pedreras (Asensio, 1876).

Un paso importante en el conocimiento de la geología del Sistema Central fue la creación de la 'Sociedad para el Estudio del Guadarrama' (1886), promovida por la Institución Libre de Enseñanza. En ella tuvieron cabida importantes naturalistas, de la talla de José Macpherson, Salvador Calderón y Francisco Quiroga. Los dos primeros realizaron varios trabajos de síntesis, fundamentalmente enfocados al estudio tectónico de la Meseta en el marco de la geología peninsular y algunos estudios locales; ambos estuvieron muy vinculados a Segovia, Macpherson residiendo largas temporadas en San Ildefonso (donde falleció en 1902), y Calderón como profesor en el Instituto de Segunda Enseñanza (1881-1884). El tercero promovió la publicación de materiales didácticos y divulgativos relacionados con la Institución Libre de Enseñanza. Todos estos investigadores se reúnen en torno a la Real Sociedad Española de Historia Natural, constituida en 1871, por lo que muchos trabajos ven la luz en los Anales, Actas y el Boletín de esta Sociedad: la excursión geológica por la provincia de Segovia (Areitio y Quiroga, 1874); la caracterización de las porfiritas y microdioritas de San Ildefonso y alrededores (Breñosa, 1884); las descripciones de cavernas y su contenido paleontológico y arqueológico (Llorente, 1890); las descripciones del glaciario en San Ildefonso (Macpherson, 1892-

para saber más de los pioneros a internet

1893); y una excursión por el terreno cretácico de los alrededores de Segovia (Calderón, 1897).

Quizás uno de los primeros mapas geológicos a escala media que se elaboró en la provincia de Segovia sea el Plano geológico del Pinar de Valsain (a escala 1:40.000) de la Comisión de Ordenación de los Reales Montes de Valsain (Rivero, 1889), en cuya realización participaron los ingenieros Rafael Breñosa y Joaquín María de Castellarnau. Su leyenda (*Schemma*) comprende diferentes tipos litológicos: Granito, Terreno arcaico, Rocas eruptivas ácidas (cuarzo eruptivo, microgranitos, pórfidos), y Rocas eruptivas básicas (porfiritas, dioritas, granito sienítico).

A finales del siglo XIX se publica en Segovia un curioso cuadernillo que pretendía ser el primero de una serie de guías para visitas y paseos naturalistas para escolares. Su autor, Félix Gila Hidalgo (segoviano, Doctor en Ciencias y Catedrático en la Universidad de Zaragoza), realiza una avanzada experiencia didáctica con este recorrido (fundamentalmente geológico), ya que incluye, además de la descripción detallada del recorrido urbano, ejercicios de dibujo, ejercicios orales y escritos y problemas (Gila, 1897).

Además del Instituto Geológico y Minero de España (IGME, heredero de la antigua Comisión), en las primeras décadas del siglo XX existen otros dos focos de investigación geológica: la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Madrid y el Museo Nacional de Ciencias Naturales, dependiente de la Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, cuyos integrantes publicarían en la serie de los Trabajos del M.N.C.N.; cabe citar para la provincia de Segovia los estudios de Fernández Navarro (1915), y Obermaier y Carandell (1917). También existen en este periodo aportaciones puntuales de índole mineralógica y minera, como los estudios de Lucas Fernández Navarro (1905 y 1916), Muñoz del Castillo (1906), Muñoz del Castillo *et al.* (1905), Milans del Bosch (1920), Lacasa (1922) y Pérez (1933 y 1920).

La mayor parte de los estudios geomorfológicos en la primera mitad del siglo XX se deben a una escuela fisiográfica hispana vinculada a la Universidad Central de Madrid, las reales sociedades españolas de Historia Natural y Geográfica, y la Comisaría de Parques Nacionales. En esta línea fisiográfica se sitúa J. Dantín Cereceda, quien elaboró síntesis acerca de las regiones naturales españolas y estudios sobre la relación entre la red hidrográfica y el relieve. Sin embargo, el máximo representante de dicha escuela fue Eduardo Hernández-Pacheco (1872-1965), en cuya obra 'Síntesis fisiográfica y geológica de España' (1934) aparecen numerosas referencias y consideraciones genéticas sobre los territorios comprendidos en la provincia de Segovia. Igualmente, siguiendo la estela de E. Hernández Pacheco y Dantín Cereceda, inician sus estudios geomorfológicos como C. Vidal Box, cuya obra es básica en la comprensión morfoestructural del Sistema Central y áreas aledañas,

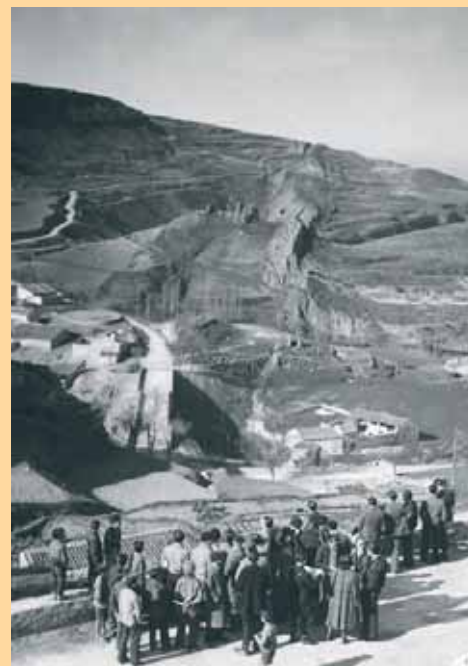


Figura 284. Excursión geológica al pliegue de Sepúlveda. Fotografía de Carlos Vidal Box. Archivo del Departamento de Geodinámica, Universidad Complutense de Madrid.

y F. Hernández-Pacheco, con aportaciones puntuales sobre geomorfología segoviana (Hernández-Pacheco, 1925).

El IGME inicia la confección y posterior publicación de las memorias y hojas geológicas a escala 1:50.000 (primera serie), que supusieron un importante avance en el conocimiento detallado de los materiales y sus relaciones espaciales; para la provincia de Segovia se inician con los trabajos sobre las hojas de Maderuelo y Olombrada.

Trabajos modernos: entre 1940 y la actualidad

En la décadas de 1940 y 1950 se finalizan algunos de los mapas geológicos a escala 1:50.000 iniciados en los años 30, e interrumpidos por la Guerra Civil. Así se publicarían, dentro de la provincia de Segovia, las hojas de: Maderuelo (San Miguel de la Cámara, 1955) y Olombrada.

A partir de este momento se produce una incipiente especialización en determinados campos o ramas de la Geología, que hace que los estudios generalistas den paso a los trabajos locales, además concentrados por décadas según el tipo de disciplina geológica 'de moda'.

Durante los años 50, la aparición de nuevos conceptos sobre plutonismo y metamorfismo tiene su reflejo en el incremento significativo de los estudios mineralógicos, petrológicos y estructurales sobre los materiales del Sistema Central y áreas limítrofes. De esta forma se consolidan los dos organismos que se dedicarán durante el siguiente medio siglo al estudio petrológico y geoquímico del centro peninsular: la Cátedra de Petrología de la Universidad Central, posteriormente Universidad Complutense (San Miguel de la Cámara, García de Figuerola, Fúster, Ibarrola, De Pedro); y el Instituto Lucas Mallada- Museo Nacional de Ciencias Naturales (López Ruiz, Aparicio, García Cacho, Santos, etc.).

Algo semejante ocurrirá con los aspectos tectónicos y estructurales a partir de la década de 1960, creándose un fuerte núcleo de estudio sobre el Sistema Central en torno a la Universidad Complutense de Madrid, con investigadores como: Alía Medina, Vegas, Hernández Enrile, Capote, Babín, Martín Escorza, Fernández Casals, Rivas, Ubanell, etc.

Petrólogos y tectónicos emprenden, desde los años sesenta, la caracterización litoestructural de todos los afloramientos ígneo-metamórficos del Sistema Central y cuencas colindantes. Para los distintos macizos y sectores incluidos la provincia de Segovia fueron llevados a cabo en tesis de licenciatura y tesis doctorales por diferentes autores: afloramiento granítico de Segovia (Sánchez Cela, 1962), macizo de Fuentidueña (Gamonal, 1966), Grado del Pico (Simancas, 1968), macizo de Honrubia (Aparicio-Yagüe y García-Cacho, 1970), macizo del Caloco

para saber más de los pioneros a internet

(Hernan, 1970), macizo de Sepúlveda (Portero, 1970), macizo de Santa María la Real de Nieva (Rzefka, 1979), Riaza (Arenas, 1979 y Arenas *et al.*, 1980), sector centro-septentrional de la Sierra de Guadarrama (Villaseca, 1984), y área de Segovia (Arenas *et al.*, 1991).

El estudio de la tectónica hercínica y tardihercínica del Sistema Central tiene su época de esplendor a finales de los setenta y durante la década de 1980, gracias fundamentalmente a las aportaciones de los investigadores de los departamentos de Geodinámica y Petrología de la Universidad Complutense de Madrid y del C.S.I.C. Para la provincia de Segovia, centrados en la zona de cizalla Berzosa-Honrubia, destacan los estudios de González Casado (1982 y 1987) y Escuder (1998).

Por lo que respecta a la estratigrafía y sedimentología de los materiales mesozoicos, tienen su máximo desarrollo en las décadas de 1970 y 1980, destacando: para los triásicos del sector oriental de la Provincia, los trabajos de Hernando (1977b); para los jurásicos del sector nororiental, la tesis doctoral de Comas (1985); y para los cretácicos, la tesis doctoral de Alonso (1981), las síntesis de Alonso y Mas (1982), Alonso y Floquet (1982), Alonso *et al.* (1982 y 1993), así como el estudio de detalle en la tesis doctoral de Gil Gil (2002). Los materiales cenozoicos de Segovia fueron estudiados por García del Cura (1974) y Armenteros (1978 y 1985) para el sector nororiental de la Provincia, y por Alcalá del Olmo (1974) para los arenales cuaternarios. Entre los estudios petrológicos destaca la tesis doctoral de Olmedo (2004), sobre las características petrofísicas de la piedra 'Rosa Sepúlveda'.

Desde la década de los setenta, y en paralelo a los estudios locales, comienzan a elaborarse síntesis regionales como las memorias y mapas geológicos a escala 1:200.000, que se publican a inicios de la década de 1980, y que recopilan y actualizan trabajos previos. El final de la década de 1980 e inicios de los años 90 coincide con la elaboración y publicación de un importante volumen de cartografía geológica a escala 1:50.000 dentro del proyecto MAGNA (ITGE, 1990, 1991 a-g, 1993 y 1995a-b). Los mapas y las memorias que los acompañan suponen, sin duda, el mayor esfuerzo de síntesis y actualización geológica realizado sobre distintas áreas de la Provincia, y un punto de referencia obligado para estudios posteriores. Otra síntesis es la elaborada por SIEMCALSA (1997) para la Comunidad Autónoma de Castilla y León.

En las últimas décadas se realizan importantes excavaciones paleontológicas, como la de Los Valles de Fuentidueña (Alberdi, 1981), o las cavidades cársticas con restos pleistocenos (Molero *et al.*, 1989; Íñigo, 1991 y 1995; Arribas, 1991).

Los estudios mineralógicos modernos han sido escasos en la Provincia, únicamente destacando las tesis doctorales de: Vindel (1980), sobre las mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama; Tornos (1990), sobre los *skarns* del Sistema

Central; Suárez (1992), sobre el yacimiento de pailgorskita de Bercimuel; García (1997), sobre circulación hidrotermal en granitos mineralizados de la Sierra de Guadarrama; y la tesis de licenciatura de Barrenechea sobre los yacimientos de grafito de la Sierra de Ayllón (Barrenechea *et al.*, 1992).

Finalmente, durante la década de 1990 se estudia intensivamente la tectónica alpina del Sistema Central y de la cuenca del Duero; y en este marco el comportamiento neotectónico del centro peninsular. Como resultado, se han propuesto nuevos modelos tectónicos para la evolución alpina del Sistema Central (Warburton y Álvarez, 1989; De Vicente *et al.*, 1991), que se han plasmado en estudios detallados que comprenden la provincia de Segovia (Martín Escorza, 1980; Gómez, 2001).

Tras el paréntesis de los años de la Guerra Civil y la postguerra, los estudios geomorfológicos sobre el centro peninsular se polarizaron en dos ámbitos: uno geográfico, con autores como L. Solé Sabarís y M. de Terán, y el francés P. Birot Birot; y otro geológico, con científicos como E. y F. Hernández Pacheco y C. Vidal Box. Ambos grupos darían lugar a sendas escuelas que fructificarían a partir de los años setenta con la apertura a círculos académicos franceses, anglosajones y de Europa del este. Del ámbito geográfico surgirían geomorfólogos como E. Martínez de Pisón, J.J. Sanz Donayre, M. Arenillas, J. Muñoz, T. Bullón, C. Sanz, G. Calonge y C. Cascos Maraña; y del ámbito geológico, investigadores como A. Pérez González, J. de Pedraza, M.G. Garzón, P. Fernández García, J.D. Centeno, J.J. Durán, A. Martín-Serrano y J. López. Resultado de las investigaciones de estos geomorfólogos y sus grupos de trabajo, se desarrollaron en Segovia las tesis doctorales de: Fernández García (1987), sobre la zona entre el Sistema Central y el Macizo de Santa María la Real de Nieva; Calonge (1987), sobre la Tierra de Pinares segoviana; Cascos Maraña (1988), sobre la Sierra de Pradales (Serrezuela); Bullón (1988), sobre el sector occidental de la Sierra de Guadarrama; Sanz Herraiz (1988), sobre el relieve del Guadarrama oriental; Moreno Sanz (1989), sobre las zonas cársticas en la vertiente norte de la Sierra de Guadarrama; Martín Duque (1997) sobre geomorfología aplicada a la planificación territorial en el Sistema Central y su piedemonte; Barea (2001), sobre geomorfología cárstica y evolución paleoclimática; y las tesis doctorales en realización, como la de L.M. Tanarro, sobre el piedemonte serrano y el macizo de Sepúlveda, y M. Bernat, sobre las formas eólicas de la Tierra de Pinares.

Finalmente, no son muchos aún los recursos de Internet que existen referidos específicamente a la geología de Segovia, aunque es un tema tratado en muchas páginas web generalistas sobre geología y mineralogía hispanas. Destacar las páginas de: el Instituto Geológico y Minero de España (www.igme.es), desde donde es posible acceder a imágenes de la cartografía MAGNA y a numerosas publicaciones, y la Asociación de Aficionados a la Mineralogía (www.neolitos.tk).

para saber más de los pioneros a internet



Figura 285. El mapa geológico de la provincia de Segovia elaborado por Casiano de Prado en 1853 está entre los primeros realizados en España. "Mapa geológico en bosquejo, grabados y cortes. Segovia. Trazado en 1853. Memoria que comprende el resumen de los trabajos verificados en el año 1853 por las diferentes secciones de la comisión encargada de formar el mapa geológico de la provincia de Madrid y el general del Reino" (Prado, 1855b).

Referencias

A

- Abbey, E., 1968.** Desert Solitaire. Touchstone, New York. 269 pp.
- Alberdi, M.T. (Coord.), 1981.** Monográfico sobre el yacimiento de Los Valles de Fuentidueña. Estudios geológicos 37, 337-514.
- Alcalá del Olmo, L., 1974.** Estudio edáfico-sedimentológico de los arenales de la cuenca del Duero. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Alió, J., 1902.** Bosquejo geológico-minero de las minas de cobre sitas en los términos de El Espinar y Otero de los Herreros. Imprenta de los Hijos de M.G. Hernández, Madrid. 28 pp.
- Allué, M., Ruiz del Castillo, J., 1992.** Betula alba L. en las proximidades de Cuéllar (Segovia). Investigación Agraria. Serie Sistemas y Recursos Forestales 1(1), 9-19.
- Allué, M., 1995.** Síntesis descriptiva de las principales formaciones vegetales. En: VV.AA., Paisajes Vegetales de Segovia. Colección Hombre y Naturaleza (II), Ayuntamiento de Segovia y otros, Segovia, pp. 49-69.
- Allué, M., García López, J.M., Ruiz del Castillo, J., Ruiz de la Torre, J., Martínez, J.M., 1992.** Notas sobre flora y vegetación en el sector oriental del Sistema Central. Ecología 6, 51-65.
- Almela, A., Bataller, J.R., Sampelayo, P.H., 1944.** Un nuevo yacimiento de vertebrados fósiles miocenos. Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España 13, 37-46.
- Alonso, A., 1981.** El Cretácico de la provincia de Segovia (borde Norte del Sistema Central). Seminarios de Estratigrafía, Serie Monografías 7, 1-271.
- Alonso, A., Floquet, M., 1982.** Sédimentation et environnement au Turonien en Vieille Castille (Espagne): Un modèle d'évolution en domaine de Plateforme. Memoires Museum National d'Histoire Naturelle Paris 49, 113-128.
- Alonso, A., Mas, J.R., 1977.** Evolución sedimentológica de la unidad media detrítico-terrágena del Cretácico de la Sierra de Pradales (N de la provincia de Segovia). Estudios Geológicos XXXIII(6), 517-523.
- Alonso, A., Mas, J.R., 1982.** Correlación y evolución paleogeográfica del Cretácico al Norte y Sur del Sistema Central, Cuadernos de Geología Ibérica 8, 145-166.
- Alonso, A., Floquet, M., Meléndez, A., Salomón, J., 1982.** Cameros-Castilla. En: UCM (Ed.), Cretácico de España, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, pp. 345-456.
- Alonso, A., Floquet, M., Mas, J.R., Meléndez, A., 1993.** Late Cretaceous Carbonate Platforms: Origin and Evolution, Iberian Range, Spain. In: J.A.T. Simo, R.W. Scott, J.P. Masse (Eds), Cretaceous Carbonate Platforms, AAPG Memoir 56, Tulsa, pp. 297-313.
- Alonso, E., Moreno, A.M., González, J., 2000.** Humedales de la provincia de Segovia. Características morfológicas, físicas y químicas de suelos. Ecología 14, 27-36.
- Angoloti, J.M., Fort, R., 1994.** Acueducto de Segovia. Estudio de la piedra. Plan Director del Acueducto de Segovia, 122 pp. (inédito).
- Angoloti, J.M., Fort, R., 1995.** Estudios sobre la piedra granítica del Acueducto. En: J. Jurado (Dtor.), Plan Director del Acueducto, Estudios litológicos, Junta de Castilla y León, 8 vol.
- Anónimo, 1889.** La Revista Minera, s.C, 7, p. 143.
- Anónimo, 1992.** El rey Alfonso XII concedió el título de Villa a Bernardos. El Adelantado de Segovia, martes 3 de marzo de 1992, p. 17.
- Aparicio-Yague, A., García-Cacho, L., 1970.** Estudio Geológico de la zona metamórfica de Honrubia. Sistema Central Español. Estudios Geológicos 26, 297-315.
- Arche, A., Camara, P., Durantez, O., 1977.** Consideraciones sobre las series ordovícicas y anteordovícicas de la región de la Sierra del Alto Rey-Sierra de la Boderá (Sistema Central de España). Boletín Geológico y Minero LXXXVIII(VI), 501-507.
- Areitio, A., Quiroga, F., 1874.** Excursión geológica por la provincia de Segovia. Anales de la Sociedad Española de Historia Natural, tomo tercero, 333-344.
- Arenas, R., 1979.** Petrogénesis de las formaciones metamórficas del sector de Riaza. Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Arenas, R., Casquet, C., Peinado, M., 1980.** El metamorfismo en el sector de Riaza (Somosierra, Sistema Central Español). Implicaciones geoquímicas y petrológicas. Cuadernos del Laboratorio Xeológico de Laxe 1, 117-146.
- Arenas, R., Fúster, J.M., González Lodeiro, F., Macaya, J., Martín Parra, L.M., Martínez Catalán, J.R., Villaseca, C., 1991.** Evolución metamórfica her-

cínica de la región de Segovia (Sierra de Guadarrama). Revista de la Sociedad Geológica de España 4(3-4), 195-201.

AREVA, 2001. Rutas en la Naturaleza por Segovia Sur. Segovia Sur, Segovia, 50 pp. y dípticos.

Armenteros, I., 1978. Estratigrafía y sedimentología del Terciario del sector sur-oriental de la Cuenca del Duero (zona de Torregalindo-Milagros-Aldeanueva de la Serrezuela, Prov. De Burgos y Segovia). Tesis de Licenciatura, Universidad de Salamanca, Salamanca. 52 pp.

Armenteros, I., 1985. Estratigrafía y Sedimentología del Neógeno del Sector suroriental de la Depresión del Duero (Aranda del Duero-Peñañiel). Serie Resúmenes de Tesis Doctorales. Universidad de Salamanca, Salamanca. 471 pp.

Armenteros, I., 1986. Estratigrafía y sedimentología del Neógeno del Sector suroriental de la Depresión del Duero. Serie Castilla y León, 1. Diputación Provincial de Salamanca, Salamanca. 471 pp.

Armenteros, I., 1986. Evolución paleogeográfica miocena en el sureste de la Depresión del Duero. Studia Geológica Salmanticensis XXIII, 325-337.

Armenteros, I., 1991a. Contribución al conocimiento del Mioceno lacustre de la Cuenca terciaria del Duero (sector centro-oriental, Valladolid-peñañiel-Sacramenia-Cuellar). Acta Geológica Hispanica 2, 97-131.

Armenteros, I., 1991b. Significado estratigráfico de dos alteraciones en el Mioceno superior de la Cuenca del Duero. Geogaceta 10, 33-35.

Armenteros, I., Alonso Gavilán, G., 1984. Génesis y evolución de los caliches miocenos del sureste de la depresión del Duero. Estudios Geológicos 40, 153-163.

Armenteros, I., Hervalejo, M.V., Blanco J.A., 1990. The clayey ensemble and silicifications of the paraevaporitic marginal series of the south east of the Neogene Duero Basin: mineralogy and geochemistry of its evolution. Chemical Geology 84, 194-197.

Armenteros, I., Blanco, J.A., Hervalejo, M.V., 1992. Sedimentación continental miocena y procesos diagenéticos en la cuenca de Sacramenia-Fuentidueña, Cuenca del Duero. Guías de las excursiones geológicas del III Congreso Geológico de España, SGE y otros, Salamanca, pp. 290-299.

Armenteros, I., Bustillo, M.A., Blanco, J.A., 1995. Pedogenic and groundwater processes in a closed Miocene basin (northern Spain). Sedimentary Geology 99, 17-36.

Armenteros, I., Fernández, B., Recio, C., Blanco, J.A., 1986. Análisis sedimentológico y paleogeografía en el Mioceno del Sector Sacramenia (Segovia)-Peñañiel (Valladolid). Studia Geológica Salmanticensis XXII, 247-262.

Armenteros, I., Carballeira, J., Corrochano, A., Corrales, I., Alonso, G., 1982. Los abanicos aluviales terciarios del flanco norte de la Sierra de Honrubia-Pradales. Temas Geológicos y Mineros, T-6(1ª parte), 109-123.

Arranz, J.A., Allué, M., 1993. Enumeración, descripción y cartografía de los enclaves de *Fagus sylvatica* L. en la vertiente segoviana del macizo de Ayllón. Ecología 7, 149-177.

Arribas, A., 1989. Nuevos yacimientos de vertebrados del Pleistoceno medio-superior en la provincia de Segovia: intervención de los hiénidos y otros carnívoros en su formación. Resúmenes de comunicaciones de las V Jornadas de Paleontología, Servei de Publicacions de la Universitat de València, Valencia, pp. 19-20.

Arribas, A., 1991. Estudio del yacimiento de vertebrados del Pleistoceno medio de Villacastín (Segovia). Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Arribas, A., 1994a. El yacimiento mesopleistoceno de Villacastín (Segovia, España): Geología y Paleontología de micromamíferos. Boletín Geológico y Minero 105(2), 146-166.

Arribas, A., 1994b. Paleontología de macromamíferos del yacimiento mesopleistoceno de Villacastín (Segovia, España). Boletín Geológico y Minero 105(4), 344-361.

Arribas, A., 1995. Consideraciones cronológicas, tafonómicas y paleoecológicas del yacimiento Cuaternario de Villacastín (Segovia, España). Boletín Geológico y Minero 106(1), 3-22.

Arribas, A., 1999. Análisis y modelización de la tafonomía del yacimiento de Venta Micena (Orce, Granada) y su estudio comparativo con otras localidades españolas del Plio-Pleistoceno continental. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 344 pp.

Arribas, A., Palmqvist, P., 2001. Hyaenids as collecting agents of bones in the Plio-Pleistocene record of Spain. Res. Com. XVII Jorn. Paleontología. Serv. Publ. Zaragoza.

ASAM (1987-actualidad). Guiones de las excursiones geo-mineralógicas números 2, 24 y 74. Asociación Segoviana de Aficionados a la Mineralogía, Segovia (inéditos).

Asensio Amor, I. Sánchez Cela, V., 1968. Caracteres sedimentológicos de la formación detrítica triásica localizada en los límites de las provincias de

Segovia y Burgos. Estudios geológicos XXIV, 169-179.

Asensio, J., 1876. Nota de canteras y pedreras de la provincia de Segovia. Boletín de la Comisión del Mapa Geológico Nacional III, 359-361.

B

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.

Ballester, A., Ramírez, F., Monterde, J., 1983. Estudio hidrogeológico del Páramo del Duratón (Cuenca del Duero). III Simposio de Hidrogeología, Asociación Española de Hidrología Subterránea, Madrid, pp. 495-504.

Baltuille, J.M., Gonzalo, F., del Olmo, A., San Miguel, F., 2004. Revisión minero-económica de los yacimientos de arcillas especiales de las cuencas del Ebro y del Duero. Geo-Temas 6(1), 251-254.

Barbier, S., 1986. Les skarns a W-Zn-Cu du dome de Revenga (Segovia-Espagne). Mémoire, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 22 pp.

Barea, J., 2001. Geomorfología y evolución paleoclimática durante el Cuaternario a partir del estudio de los macizos kársticos de los bordes del Sistema Central y de Valporquero, León. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 267 pp.

Barea, J., 2002. Evolución del karst en las vertientes norte y sur de las sierras de Guadarrama, Somosierra y Ayllón (Sistema Central Español). <http://www.secja.com/secA14.htm> /Espelomadrid/, 3, 10-12. Federación Madrileña de Espeleología.

Barea, J., Arribas, A., Durán, J.J., López-Martínez, J., 2002a. Interpretación geocronológica de la karstificación en el entorno del Sistema Central español a partir de los yacimientos paleontológicos asociados. Geogaceta 31, 39-42.

Barea, J., Casas, J., Durán, J.J., López-Martínez, J., Martín de Vidales, J.L., 2000. Interés paleoambiental del estudio de sedimentos detríticos endokársticos. Aplicación a cavidades del centro de la Península Ibérica. Boletín Geológico y Minero 111(2-3), 17-32.

Barea, J., Durán, J.J., Giner, J., González-Casado, J.M., López-Martínez, J., 1999. La fracturación en la Cueva de los Enebralejos, Segovia, borde norte del Sistema Central. En: Contribución del estudio científico de las cavidades kársticas al conocimiento geológico, 57-64.

Barea, J., López-Martínez, J., Durán J.J., 2002b. Condicionantes estructurales para el desarrollo del karst en los alrededores del Sistema Central español. Geogaceta 31, 43-45.

Barea, J., López-Martínez, J., Durán J.J., 2002c. Desarrollo del karst *versus* litoestratigrafía en los bordes norte y sur del Sistema Central. Boletín Geológico y Minero 113(2), 155-164.

Barrenechea, J.F., Rodas, M., Arche, A., 1992. Relation between graphitization of organic matter and clay mineralogy, Silurian black shales in Central Spain. Mineralogical Magazine 56, 477-485.

Bateman, M.D., Díez-Herrero, A., 1999a. Thermoluminescence dates and palaeoenvironmental information of the late Quaternary sand deposits, Tierra de Pinares, Central Spain. Catena 34, 277-291.

Bateman, M.D., Díez-Herrero, A., 1999b. Late Quaternary aeolian sand deposition in Central Spain and their relationship with the coversands of NW Europe (poster). 9th International Conference on Luminescence and Electron Spin Resonance Dating (LED99). Roma 6-10 septiembre 1999.

Bateman, M.D., Díez-Herrero, A., 2001. The timing of aeolian sand deposition in Central Spain and its relationship with the aeolian sand record of NW Europe. Quaternary Science Review 20, 779-782.

Benito, G., 1986. Génesis del modelado tipo mallo. Cuadernos de Investigación Geográfica 12, 25-37.

Benito, F., 1998. Arquitectura tradicional de Castilla y León. Tomos I y II. Junta de Castilla y León, Valladolid. 783 pp.

Bemat, M., Pérez-González, A., 2005. Campos de dunas y mantos eólicos de Tierra de Pinares (sureste de la cuenca del Duero, España). Boletín Geológico y Minero 116 (1), 23-38.

Bielsa, J., Gutiérrez, J. (Dir.), 1999. Guía de la Cueva de Los Enebralejos. C.E. Talpa y Obra Social Caja Madrid, San Fernando de Henares (Madrid), 64 pp.

Biro, P., Solé Sabarís, L., 1954. Investigaciones sobre morfología de la Cordillera Central Española. Consejo superior de Investigaciones Científicas, Madrid. 87 pp.

Blanco, E., 1998. Diccionario de etnobotánica segoviana. Pervivencia del conocimiento sobre las plantas. Colección Hombre y Naturaleza III. Ayuntamiento de Segovia y otros, Segovia. 199 pp.

Bodoque, J.M., Chicharro, E., 1999. Dinámica y configuración de los sistemas naturales en la Hoz del río Riaza. X Premio de Medio Ambiente, Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Segovia, Segovia, 92 pp.

- Bowles, G., 1775.** Introducción a la Historia Natural y a la Geografía Física de España. Imprenta de D. Francisco Manuel de Mena, Madrid, 529 pp.
- Breñosa, R., 1884.** Las porfiritas y microdioritas de San Ildefonso y sus contornos (provincia de Segovia). *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural* XIII, 259-306.
- Breñosa, R., Castellamau, J.M., 1884.** Guía y Descripción del Real Sitio de San Ildefonso. Edición facsímil Biblioteca Nueva – Ícaro, Madrid - La Granja (1991). 335 pp.
- Bullón, T., 1977.** Los fenómenos periglaciares en la Sierra de la Mujer Muerta (Sierra de Guadarrama). V Coloquio de Geografía, Universidad de Granada, Granada, pp. 35-40.
- Bullón, T., 1988.** El sector occidental de la Sierra de Guadarrama. Consejería de Política Territorial, Comunidad de Madrid, Madrid. 283 pp.
- Bullón Mata, T., López-Acevedo, V., Rodríguez J., 1978.** Consideraciones sobre el karst del cañón del Duratón (Segovia). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)* 76, 19-29.
- Buscalloni, A.D. Martínez-Salanova, J., 1990.** Los vertebrados fósiles del yacimiento cretácico de Armuña (Prov. Segovia, España). *Comunicaciones de la reunión de Tafonomía y Fossilización*, Madrid, pp. 51-57.
- Buscalloni, A.D., Sanz, J.L., 1987.** First report on a new crocodile from the Upper Cretaceous of Spain (province of Segovia): a short comparative review with the Gondwana and Laurasia Upper Cretaceous Crocodiles. In: P.M. Currie and E.H. Koster (Eds.), *Fourth Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems, Drumheller (Alberta, Canada)*, Occasional Paper of the Tyrrell Museum of Palaeontology, 3, 36-41.

C

- Cadavid, S., Corral, A., Portero, J.M., 1971.** Investigación estructural y geofísica en la región de Sepúlveda (Segovia), *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)* 69(2), 145-174.
- Calderón, S., 1897.** Excursión por el terreno cretácico de los alrededores de Segovia. *Actas de la Sociedad Española de Historia Natural* XXVI, 91-99.
- Calleja, T., 1983.** Leyendas de los santos segovianos. Tomás Calleja, Segovia. 139 pp.
- Calleja, T., 1988.** Las Mojadas de Caballar ¿Milagro, superstición, o...? *Obra Cultural de la Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Segovia*, Segovia. 398 pp.
- Calleja, T., 1996.** Contribución al estudio del Vocabulario Segoviano. Tomás Calleja, Madrid. 285 pp.
- Calonge, G., 1987.** El complejo ecológico y la organización de la explotación forestal en la Tierra de Pinares segoviana. *Excma. Diputación Provincial de Segovia*, Segovia. 347 pp.
- Calonge, G., 1989.** Significación ecológica y geográfica de las lagunas entre Cuéllar y Cantalejo. *Actas del XI Congreso Nacional de Geografía*, Universidad Complutense – AGE, Madrid.
- Calonge, G., Díez, A., 2002.** Páramos, valles y arenales al sur del Duero y Hoces del Duratón (Valladolid-Segovia). En: E. Serrano, J.A. Blanco, G. Calonge et al., *Geomorfología y Paisaje. Guía de excursiones. VII Reunión Nacional de Geomorfología, SEG-Dpto. de Geografía (UVA)*, Valladolid, pp. 13-55.
- Calvo, T., Calle, A.J., Chamorro, J.A., San Frutos, M.A., 1992.** Estudio integral del Valle de Tabladillo. Premios del III Concurso sobre el Medio Ambiente, *Obra Social y Cultural de Caja Segovia*, Segovia, pp. 113-160.
- Cañada, F., 1974.** El yacimiento de alunita de Negrodo (Segovia). Consideraciones sobre su génesis. *Boletín Geológico y Minero* LXXXV(IV), 430-435.
- Capote, R., 1985.** Historia deformativa en el Sistema Central. Tectónica Prehercínica y Hercínica. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 79(4), 511-522.
- Capote, R., Fernández, M.J., González, F., Iglesias, M., 1977.** El límite entre las zonas Astur Occidental-Leonesa y Galaico-Castellana en el Sistema Central. *Boletín Geológico y Minero* LXXXVIII(VI), 517-520.
- Capote, R., Casquet, C., González Casado, J.M., 1981a.** Tectónica y metamorfismo del macizo hercínico de Honrubia, provincia de Segovia. *Cuadernos de Geología Ibérica* 7, 441-454.
- Capote, R., Casquet, C., Fernández Casals, M.J., 1981b.** La tectónica Hercínica de cabalgamientos en el Sistema Central Español. *Cuadernos de Geología Ibérica* 7, 455-469.
- Capote, R., Perejón, A., Vilas, L., 1981c.** Presencia de estructuras estromatolíticas en las calizas cristalinas de Santa María de la Alameda (Provincia de Madrid, Sistema Central español). *Cuadernos de Geología Ibérica* 7, 625-632.

- Capote, R., de Vicente, G., González Casado, J.M. (Eds.), 1990.** Evolución de las deformaciones alpinas en el Sistema Central Español. III Reunión de la Comisión de Tectónica, Sociedad Geológica de España, Guadalajara-Honrubia-Sepúlveda-Tamajón, 140 págs.
- Capote, R., Casquet, C., Fernández, M.J., 1982.** Los grandes complejos estructurales del Sistema Central Español. Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 76, 313-331.
- Cascos Maraña, C., 1988.** La Serrezuela de Pradales. Estudio geomorfológico. Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid, Valladolid. 629 pp.
- Cascos Maraña, C., 1991.** La Serrezuela de Pradales. Estudio Geomorfológico. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Valladolid, Valladolid. 602 pp.
- Cela, C.J., 1979.** Judíos, moros y cristianos. Colección Destinolibro 70. Ediciones Destino, primera edición, San Vicenc dels Horts. 309 pp.
- Centeno, J., 1988.** La morfología granítica de un sector del Guadarrama occidental (Sistema Central Español). Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 321 pp.
- Centeno, J.D., Pedraza, J., Ortega, L.I., 1983.** Estudio geomorfológico, clasificación del relieve de la Sierra de Guadarrama y nuevas aportaciones sobre su morfología glaciar. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica) 8(3-4), 153-171.
- Chaulí, D., 1880.** La Cueva del Monje. Revista Contemporánea, tomo XXVII, mayo-junio 1880, 34-42.
- Checa, M.J., Díez, A., Postigo, J.M., Sánchez, F.L., 1995.** Guía de la Naturaleza en la Comarca del Eresma (Segovia). Puntos de interés e itinerarios didácticos. Mancomunidad de Municipios del Eresma y Junta de Castilla y León, Segovia. 64 pp.
- Comas, M.J., 1985.** El Pliensbachiense de la Cordillera Ibérica. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Corrales, I., Rosell, J., Sánchez, L., Vera, J.A., Vilas, L., 1977.** Estratigrafía. Rueda, Madrid. 718 pp.
- Cortazar, D., 1891.** Descripción física y geológica de la provincia de Segovia. Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, tomo XVII, 234 pp.
- Cortón, M.T., 1990.** La construcción de la Catedral de Segovia (1525-1607). Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Cortón, M.T., 1997.** La Construcción de la Catedral de Segovia (1525-1607). Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Segovia, Segovia. 291 pp.
- Contreras, D., 1999.** Arquitectura rural de la Sierra de Segovia. Real Academia de Historia y Arte de San Quince, Segovia. 111 pp.
- Costa, M., Morla, C., Sainz, H., 1985.** Táxonos de interés corológico de la cuenca media del Duero (Cañón del río Riaza, Segovia). Anales del Jardín Botánico de Madrid 41(2), 395-405.
- Cruz, J.A., Pedrazuela, F., 1983.** La minería en la provincia de Segovia (III). La zona de Riaza-Ayllón. Suplemento Fin de Semana de El Adelantado de Segovia, sábado 12 de noviembre de 1983, pp. 1-3.
- Cuesta, M.A., Morales, J., Jiménez, E., 1983.** Vertebrados del Aragoniense superior de Coca (Segovia). Studia Geológica Salmanticensia XIX, 161-185.

D

- De Pedro, F., 1982.** Radiactividad natural en España. Jornada sobre fondo radiactivo ambiental, Sociedad Nuclear Española, Madrid, pp. 137-165.
- De Pedro, F., 2002.** Riesgos radiológicos naturales. En: F.J. Ayala, J. Olcina (Coords.), Riesgos Naturales, Ariel Ciencia, Barcelona, pp. 537-546.
- Desir, G., Gutiérrez Elorza, M., Gutiérrez Santolalla, F., 2003.** Origen y evolución de las playas en una zona semiárida con arenas eólicas (región de Coca, Cuenca del Duero, España). Boletín Geológico y Minero 114(4), 395-407.
- De Vicente, G., González-Casado (Eds.), 1991.** Las deformaciones alpinas en el Sistema Central Español, III Reunión de la Comisión de Tectónica, Sociedad Geológica de España, Guadalajara-Honrubia-Sepúlveda-Tamajón, 2 tomos, 54 pp.
- Díaz Garrido, M.C., 1969.** Leyendas Segovianas contadas a los niños. Publicaciones de la Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Segovia, Segovia. 46 pp.
- Díaz Garrido, M.C., 1971.** Milagros en Segovia (contados a los niños). Segovia. 37 pp.
- Díaz Garrido, M.C., 1997.** Leyendas Segovianas contadas a los niños y a los mayores. Caja Segovia, Obra Social y Cultural, Segovia. 78 pp.
- Díez, A., 1985.** Comparación geogenética y geoestructural de los cañones del Colorado (USA) y el cañón del Duratón (Segovia), Aula Navegante de Estudios Iberoamericanos (Aventura 92), Primer premio Segovia, 21 pp. (inédito).
- Díez, A., 1986.** Comparación geogenética y geoestructural de los cañones del Colorado (USA) y el cañón del Duratón (Segovia). IV Congreso de Jóvenes Investigadores de la Naturaleza, Burgos, pp. 16-20.
- Díez, A., 1987.** Características y procesos de formación de los pilancones de La Granja de San Ildefonso (Segovia). Congreso de Jóvenes Investigadores de la Naturaleza, INICE, Salamanca (inédito).

- Díez, A., 1990.** Otero de Herreros. Litos 3, 25-26.
- Díez, A., 1991a.** Otero de Herreros (II). Geología de las mineralizaciones. Litos 5, 37-38.
- Díez, A., 1991b.** Puntos de Interés Geológico de la Provincia de Segovia. Litos 6, 31-33.
- Díez, A., 1994.** Geología y Geomorfología de las Hoces del río Duratón. IV Becas de Investigación, Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Segovia, Segovia. 102 pp. (inédito).
- Díez, A., 2002.** Los minerales de Segovia. Litos 15, 15-19.
- Díez, A., Bateman, M.D., 1998.** Interpretación paleoambiental y datación mediante luminiscencia del manto arenoso de la Tierra de Pinares oriental (Segovia). Geogaceta 24, 107-110.
- Díez, A., Martín Duque, J.F., 1993.** Geología, geomorfología y paleontología. Hidrología e hidrogeología. En: J.A. Abella, L. Yoldi (Coord.), Segovia: ecología y paisaje. Guía para una comprensión integral de la Ciudad, MOPT, MEC, MAP y otros, Valladolid, pp. 37-58.
- Díez, A., Bateman, M.D., López-Sáez, J.A., Vegas, J., 2002.** Procesos eólicos tardiglaciares en la submeseta septentrional. En: A. Pérez-González, J. Vegas, M.J. Machado (Eds.), Aportaciones a la Geomorfología de España en el inicio del Tercer Milenio, SEG, Madrid, pp. 167-175.
- Díez, A., Gaona, A., Bornemann, J., 1992.** Orígenes de la exploración espeleológica en la provincia de Segovia. VI Reunión Nacional de Espeleología, La Coruña.
- Díez, A., Pedraza, J., Sánchez, J., 1996.** Fisiografía y paisaje de las Hoces del río Duratón. XII Bienal, Real Sociedad Española de Historia Natural, Madrid. 54 pp.
- Domergue, C., 1979.** Le gisement de cuivre d'Otero de los Herreros (Segovie) et son exploitation à l'époque romaine. Revista de la Universidad Complutense (Homenaje a Antonio García Bellido IV) 18, 116-152.
- Domingo, D., 1983.** Domingo García. Caja de Ahorros y M.P. de Segovia. Imprenta El Adelantado, Segovia.
- Domínguez, C., Pampillón, C., 2000.** La Madre del Agua. Desde el Acueducto a la nueva cultura del agua. Obra Social y Cultural de Caja Segovia, Segovia. 142 pp.

E

- Enrriquez de Salamanca, C., 1981.** Por la Sierra de Guadarrama. Cayetano Enrriquez de Salamanca y Navarro, Madrid. 208 pp.
- Eraso, A., Graño, S., Alonso, F., Bullón, T., García, R., 1980.** Estudio del Karst del Cañón del Duratón (Segovia), Kobie 10, 1-127.
- Escuder, J., Hernaiz, P.P., Valverde, P., Rodríguez, R., Dunning, G., 1998.** Variscan syncollisional extension in the Iberian Massif: structural, metamorphic and geochronological evidence from the Somosierra sector of the Sierra de Guadarrama (Central Iberian Zone, Spain). Tectonophysics 290, 87-109.
- Estremera, M.S., 2003.** Primeros agricultores y ganaderos en la Meseta Norte: el Neolítico de la Cueva de La Vaquera (Torreiglesias, Segovia). Arqueología en Castilla y León. Serie Memorias 11. Junta de Castilla y León, Valladolid. 320 pp.

F

- Fernández, M., 1989.** The restoration of the roman aqueduct of Segovia (Spain) seventeen years after. En: N.S. Baer, C. Sabbioni, A.I. Sors (Eds.), Science, Technology and European Cultural Heritage, Comisión of European Communities, Bologna, 657-659.
- Fernández García, P., 1987.** Geomorfología del sector comprendido entre el Sistema Central y el Macizo de Santa María La Real de Nieva (Segovia). Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 336 pp.
- Fernández, P., 1988.** Evolución cuaternaria y sistemas de terrazas en la subfosa terciaria de Valverde del Majano y el Macizo de Santa María la Real de Nieva (Segovia). Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica) 84(1-2), 69-83.
- Fernández, P., Garzón, G., 1994.** Ajustes en la red de drenaje y morfoestructura en los ríos del Centro-Sur de la Cuenca del Duero. En: J. Arañes, J.M. García-Ruiz, A. Gómez Villar (Eds.), Geomorfología en España, SEG, Logroño, tomo I, pp. 471-484.
- Fernández, J.M., Rodas, M., Arche, A., 1991.** Las mineralizaciones de grafito asociadas a las pizarras silúricas de El Muyo (Segovia). Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía 14(1), 74-75.
- Fernández de Castro, M., 1874.** El Mapa Geológico de España. Segovia. Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, tomo III, 48 pp.
- Fernández Navarro, L., 1905.** Las minas de El Espinar. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural V, 511-516.

- Fernández Navarro, L., 1915.** El glaciario en el Valle del Lozoya. En: L. Fernández Navarro, Monografía geológica del valle del Lozoya. Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, Serie Geológica, número 12, pp. 26-42.
- Fernández Navarro, L., 1916.** Noticias sobre minerales de la Sierra de Guadarrama. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural 16, 278-279.
- Fernández-Macarro, B., Armenteros, I., Blanco, J.A., 1988.** Procesos de alteración y paleosuelos ligados a la sedimentación miocena del NE de la provincia de Segovia. Depresión del Duero. Acta Geológica Hispanica 23(4), 269-281.
- Fort, R., Rodríguez Blanco, J., 1996.** Degradación de las rocas carbonáticas del Claustro de Santa María La Real de Nieva (Segovia). Geogaceta (20-5), 1232-1235.
- Fort, R., 1994a.** La piedra un valioso recurso natural: El caso del Acueducto de Segovia. Fronteras de la Ciencia y la Tecnología 6, 53.
- Fort, R., 1994b.** Tratamientos para la Conservación de la escultura de la Virgen (s. XVI) situada en el Acueducto de Segovia. Plan Director del Acueducto de Segovia, Madrid, 53 pp. (inédito).
- Fort, R., 1994c.** Comportamiento de las rocas graníticas del Acueducto de Segovia ante diferentes tratamientos de conservación. Plan Director del Acueducto de Segovia, Madrid, 142 pp.
- Fort, R., 1996.** Effects of consolidates and water repellents on the colour of the granite rock of the aqueduct of Segovia (Spain). In: M.A. Vicente, J. Delgado-Rodríguez, J. Acevedo (Eds.), Degradation and conservation of granitic rocks in monuments, Published European Comisión, Bélgica, 435-440.
- Forteza, J., García, M.P., Lorenzo, L.F., 1993.** Suelos de raña del área de Riaza (Segovia). En A. Pinilla (Coord.), La Raña en España y Portugal, Monografías 2, Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC), Madrid, 185-197.
- Fränze, O., 1978.** Formaciones glaciares y periglaciares en el sector oriental del Sistema Central. Estudios Geográficos 34(151), 203-231.
- Fúster, J.M., Villaseca, C., 1981.** Rocas orbiculares en la zona centro-septentrional de la Sierra de Guadarrama. Boletín Geológico y Minero XCII(VI), 457-462.

G

- Gamonal, P., 1966.** Estudio petrológico del macizo de Fuentidueña (provincia de Segovia). Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- García, E., 1997.** Análisis de la circulación hidrotermal en granitos mineralizados con W-Sn (Sierra de Guadarrama). Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 259 pp.
- García del Cura, A., 1974.** Estudio sedimentológico de los materiales terciarios de la zona centro-oriental de la Cuenca del Duero (Aranda de Duero). Estudios Geológicos 30, 579-597.
- García del Cura, A., 1975.** Contribución al conocimiento litoestratigráfico del Terciario continental de la cuenca del Duero (zona oriental). En: M.T. Alberdi, E. Aguirre (Eds.), Actas I Coloquio Internacional sobre Bioestratigrafía Continental del Neógeno Superior y Cuaternario Inferior, pp. 77-82.
- García del Cura, M.A., Ordóñez, S., 1975.** Les roches carbonatées continentales du Bassin du Duero. IX Congr. Int. Sédim. Nico. Thème, 10, 49-55.
- García del Cura, M.A., Ordóñez, S., 1982.** Texturas y estructuras en calizas continentales: un ejemplo de heterogeneidad textural: las rocas carbonáticas de la Cuenca del Duero. Temas Geológicos y Mineros VI, 227-252.
- García del Cura, M.A., Bernabeu, A., Benavente, D., La Iglesia, A., Ordóñez, S., 2004.** Pizarras y metacuarcitas como pavimentos de exteriores: las rocas de Bernardos (Provincia de Segovia). Geo-Temas 6(1), 259-262.
- García del Cura, M.A., Bernabeu, A., Benavente, D., La Iglesia, A., Ordóñez, S., 2004.** Pizarras y metacuarcitas como pavimentos de exteriores: las rocas de Bernardos (Provincia de Segovia). Geo-Temas 6(1), 259-262.
- García Fernández, J.L., 1975.** Segovia en el Paisaje. Ediciones de Librería Estudio, Santander.
- García-Hidalgo, J.F., Terniño, J., Segura, M., 2002.** Holocene eolian sediments on the southern border of the Duero Basin (Spain): origin and development of an eolian system in a temperate zone. Journal of Sedimentary Research 72 (1), 30-39.
- García López, J.M., Sáiz Garrido, J.A., 1997.** Memoria de la Garganta de El Espinar. José Jordana (1862). Un documento para la Historia de la Ordenación de Montes de España. J.A. Sáiz Garrido y J.M. García López, Segovia. 255 pp.
- G.E.V. Spalaeus, 1986.** El Cañón del Duratón. Sepúlveda (Segovia). Mesetaria 2, 119-155.
- Gibbons, W., Moreno, M.T. (Eds.), 2002.** The Geology of Spain. Geological Society, London. 649 pp.
- Gil García, M.J., 1992.** Dinámica de la paleovegetación en el sector oriental del Sistema Central Español durante el Holoceno, en base al análisis polí-

nico. Implicaciones climáticas. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares.

Gil Gil, J., 2002. Estratigrafía de Alta Resolución en el Turoniense superior- Coniaciense inferior de la Cordillera Ibérica Septentrional. Tesis Doctoral, UCM, Facultad de Ciencias Geológicas, Madrid, 218 pp. anexos (CXVI y XVIII).

Gila, F., 1897. Paseos y Visitas Escolares por la Ciudad de Segovia y sus alrededores. Cuaderno 1º, Tip. De F. Santiuste, Segovia. 40 pp.

Gómez, D., 2001. La estructura de la corteza en la zona central de la Península Ibérica. Tesis Doctoral, Universidad Complutense, Madrid. 315 pp.

Gómez, D., Babín, R., Tejero, R., 2003. Modelos de pliegues alpinos de propagación de falla con basamento implicado en la zona norte del Sistema Central español. Revista de la Sociedad Geológica de España 16(1-2), 19-33.

González, F., Pesquera, C., Benito, I., Mendioroz, S., Pajares, J.A., 1989. Caracterización estructural y textural de una palygorskita de Sacramenia, Segovia. Boletín Geológico y Minero C(I), 86-93.

González, T., 1832. Registro y relación general de minas de la Corona de Castilla, Publicación de Don Miguel de Burgos, Madrid, 3 partes en 2 vol., pp. 563-564.

González, T., Álvarez, M., 1997. Caracterización y estudio de la alteración del material granítico de la fachada de la Casa de los Picos (Segovia). Ingeniería Civil 105, 35-43.

González Bernáldez, F., 1992. Los paisajes del agua: terminología popular de los humedales. J.M. Reyero Editor, Madrid, 257 pp. Reeditado en: Martín Duque, J.F., Montalvo, J. (Eds.), Agua y Paisaje: naturaleza, cultura y desarrollo, MultiMedia Ambiental, Madrid, pp. 225-333.

González Casado, J.M., 1982. Estructura y metamorfismo del núcleo cristalino del anticlinal mesozoico de Honrubia. Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 195 pp.

González Casado, J.M., 1987. Estudio geológico de la Zona de Cizalla de Berzosa-Honrubia (Sistema Central Español). Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 309 pp.

González Casado, J.M., 1986. Estudio geológico de la zona de cizalla de Berzosa – Honrubia (Sistema Central Español). Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 309 pp.

González Casado, J.M., 2001. Paisaje Geológico de la Provincia de Segovia. En R. Nucho (Ed.), Patrimonio Geológico de Castilla y León, Enresa, Madrid, pp. 250-275

González-Casado, J.M., de Vicente, G., 1996. Evolución alpina del Sistema Central Español. En: M. Segura, I. de Bustamate, T. Bardaji (Eds.), Itinerarios Geológicos desde Alcalá, Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, pp. 141-151.

Gutiérrez Elorza, M. (Coord.), 1994. Geomorfología de España. Rueda, Madrid. 526 pp.

Gutiérrez Elorza, M., Rodríguez Vidal, J., 1978. Consideraciones sobre la morfogénesis del Sistema Central. Boletín Geológico y Minero LXXXIX(II), 109-113.

Guerra Garrido, R., 1984. El año del wolfram. Colección Autores Españoles e Iberoamericanos. Editorial Planeta, Barcelona. 267 pp.

Gutiérrez, J., 1998. Caracterización geográfica del carst de Prádena y la cueva de los Enebralejos. Ed C.E.TALPA.

Gutiérrez, J., Bielsa, J., 1994. Principales cavidades del Karst de Prádena de la Sierra (Segovia). Subterránea 2, 51-57.

H

Hernan, F., 1970. Estudio de las relaciones granito-gneis y de la intensidad del metamorfismo en el sector del cerro del Caloco (provincia de Segovia). Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Hernández-Pacheco, F., 1925. El glaciar cuaternario de tipo pirenaico de La Buitrera, Riaza (Segovia). Congreso Luso-Español para el Progreso de las Ciencias, Tomo VI (Ciencias Naturales), Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, Coimbra, pp. 185-193.

Hernández-Pacheco, E., 1934. Síntesis fisiográfica y geológica de España. Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Serie Geología), vol. 38. Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Madrid. 584 pp.

Hernando, S., 1976a. Los minerales pesados del Buntsandstein (¿Triásico inferior y Medio?) de la región Ayllón-Atienza (provincias de Segovia, Soria y Guadalajara). Estudios Geológicos 32, 143-4.

Hernando, S., 1976b. Pérmico y Triásico de la región Ayllón-Atienza (provincias de Segovia, Soria y Guadalajara). Acta Geológica Hispánica 11(2), pp. 55.

Hernando, S., 1977a. Aspectos paleogeográficos del Keuper en el borde SW de la rama castellana de la Cordillera Ibérica (provincias de Segovia,

Soria y Guadalajara). Cuadernos de Geología Ibérica 4, 385-398.

Hernando, S., 1977b. Pérmico y Triásico de la región Ayllón-Atienza (provincias de Segovia, Soria y Guadalajara). Seminarios de Estratigrafía 2, 408 pp.

Hernando, S., Hernando, J., 1976. Estudio de las fracciones pesadas del Pérmico de la región Ayllón-Atienza (Segovia, Soria y Guadalajara). Estudios Geológicos 32, 77-94.

Hernando, S., Doublinger, J., Adloff, M.C., 1977. Datos cronoestratigráficos del Triásico Superior de la región Ayllón-Atienza (provincias de Segovia, Soria y Guadalajara). Cuadernos de Geología Ibérica 4, 399-410.

Herrgen, C., 1799. Diferentes combinaciones del carbono en el reino mineral. Anthracito de San Ildefonso. Anales de Historia Natural I (2), 119-120.

Huerta, B., Barrio, F., 1992. Catalogación y descripción de las zonas húmedas de la provincia de Segovia. Premios del III Concurso sobre Medio Ambiente, Obra Social y Cultural de Caja Segovia, Segovia, pp. 13-55.

Humboldt, A.v., 1825. Über die Gestalt und das Klima des Hochlandes in der iberischen Halbinsel (Sobre la configuración y el clima de la meseta de la Península Ibérica). Traducido en: A. Puig-Samper, S. Rebok, 2002, Un sabio en la meseta. El viaje de Alejandro de Humboldt a España en 1799. HIN Revista Internacional de Estudios Humboldtianos III (5), 1-18.

Humboldt en la Red: <http://www.uni-potsdam.de/u/romanistik/humboldt/hin/pdf/hin5/rebok.pdf>

I

Ibáñez, J.J., Jiménez Ballesta, R., López Martínez, J., Refones, P.O., Gumuzzio, J., 1985. Suelos con caracteres turbosos del sector centro-oriental del Sistema Central. Análisis de los factores formadores y características macromorfológicas. Boletín de la Estación Central de Ecología 14, 3-16.

Iñigo, C., 1991. Estudios de un yacimiento cuaternario próximo a Segovia. Cuadernos de INICE, Arqueología y Paleontología 38, 23-36.

Iñigo, C., 1995. El rinoceronte del Pleistoceno Superior de la Cueva del Búho (Segovia). Boletín Geológico y Minero 106(2), 107-110.

Iñigo, C., Molero, G., Maldonado, E., 1998. Los carnívoros del yacimiento pleistoceno de Cueva del Búho (Segovia, España) y sus huellas de actividad. Estudios Geológicos 54, 65-73.

ITGE, 1990. Hoja 507 (17-20) El Espinar (mapa y memoria). En: Mapa geológico de España, Escala 1:50.000, Segunda Serie, Primera Edición, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid. 152 pp.

ITGE, 1991a. Hoja 456 (17-18) Nava de la Asunción (mapa y memoria). En: Mapa geológico de España, Escala 1:50.000, Segunda Serie, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid. 87 pp.

ITGE, 1991b. Hoja 457 (18-18) Turégano (mapa y memoria). En: Mapa geológico de España, Escala 1:50.000, Segunda Serie, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid. 94 pp.

ITGE, 1991c. Hoja 458 (19-18) Prádena (mapa y memoria). En: Mapa geológico de España, Escala 1:50.000, Segunda Serie, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid. 103 pp.

ITGE, 1991d. Hoja 482 (17-19) Valverde del Majano (mapa y memoria). En: Mapa geológico de España, Escala 1:50.000, Segunda Serie, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid. 64 pp.

ITGE, 1991e. Hoja 483 (18-19) Segovia (mapa y memoria). En: Mapa geológico de España, Escala 1:50.000, Segunda Serie, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid. 135 pp.

ITGE, 1991f. Hoja 484 (19-19) Buitrago de Lozoya (mapa y memoria). En: Mapa geológico de España, Escala 1:50.000, Segunda Serie, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid. 105 pp.

ITGE, 1991g. Hoja 508 (18-20) Cercedilla (mapa y memoria). En: Mapa geológico de España, Escala 1:50.000, Segunda Serie, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid. 104 pp.

ITGE, 1993. Hoja 432 (20-17) Riaza (mapa y memoria). En: Mapa geológico de España, Escala 1:50.000, Segunda Serie, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid (inédito).

ITGE, 1995a. Hoja 429 (17-17) Navas de Oro (mapa y memoria). En: Mapa geológico de España, Escala 1:50.000, Segunda Serie, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid (inédito).

ITGE, 1995b. Hoja 430 (18-17) Cantalejo (mapa y memoria). En: Mapa geológico de España, Escala 1:50.000, Segunda Serie, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid (inédito).

J

- JCyL, 1988.** Análisis del Medio Físico de Segovia. Delimitación de unidades y estructura territorial. Junta de Castilla y León, Valladolid. 83 pp.
- Jiménez, E., 1971.** Nuevos yacimientos de quelonios fósiles en Coca (Segovia), y su significado estratigráfico. *Studia Geológica* II, 57-82.
- Jiménez, E., 1984.** Chéloniens Géants Fossiles de L'Espagne. *Studia Geologica Salmantica*, volumen especial 1, 159-167.
- Jiménez, E., 1992.** Quelonios fósiles de Castilla y León. En: E. Jiménez-Fuentes (Coord.), *Vertebrados fósiles de Castilla y León*, Museo de Salamanca, Junta de Castilla y León, Salamanca, pp. 71-100.
- Jiménez, E., Martín, S., Mulas, E., Pérez, E., Jiménez, S., 1988.** Guía de la Sala de las Tortugas. Universidad de Salamanca e Iberduero, Salamanca. 28 pp.
- Jiménez, E., Ortega, F.J., Gil, S., Martín, S., del Val, J., 1993.** Excavaciones paleontológicas del Mioceno en Castilla y León. El mastodonte de Villavieja y las tortugas gigantes de Coca y Arévalo. Junta de Castilla y León, Valladolid, 16 pp.
- Jiménez, E., Martín, S., Mulas, E., Jiménez, S., Pérez, E., Gil, S., Guillén, A., 1989.** La tortuga gigante de Coca-Villeguillo. Notas informativas 11. Universidad de Salamanca-Iberduero y Fundación Ramón Areces, Salamanca. 4 pp.
- Jiménez, R., López, J., López, P., Ibáñez, J.J., 1985.** Contribución al conocimiento de las formaciones superficiales turbosas en las Sierras de Guadarrama y Ayllón. Análisis polínicos. Actas de la 1ª Reunión del Cuaternario Ibérico, Vol. II. GETC-GTPEQ, Lisboa, pp. 213-224.
- Jordá Pardo, J.F., 1999.** Geomorfología de la comarca de Santa María la Real de Nieva y el conjunto de Domingo García. En: S. Ripoll, L.J. Municio (Dirs.), *Domingo García. Arte Rupestre Paleolítico al aire libre en la meseta castellana*, Memorias Arqueología en Castilla y León 8, pp. 23-30.
- Jurado Jiménez, F., 2001.** El acueducto romano de Segovia. *Revista de Obras Públicas* 57, 14-23.

K

- Kruckeberg, A.R., 2002.** *Geology and plant life: the effects of landforms and rock types on plants*. University of Washington Press, Seattle and London. 362 pp.

L

- Lacasa, E., 1922.** Estudio de los criaderos de mineral de cobre de la zona de Otero de Herreros (Segovia). *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia VI* (63), 3-16.
- Larruga y Boneta, E., 1791.** *Memorias políticas y económicas sobre los frutos, comercio, fábricas y minas de España: con inclusión de los reales decretos, órdenes, cédulas, aranceles y ordenanzas expedidas para su gobierno y fomento*. Imp. Benito Cano, Madrid. Ed. Facsímil, Institución Fernando El Católico, Publicación 1677, 15 vol., Zaragoza.
- Lecea y García, C. de, 1890.** Mina titulada "La Española" en Otero de Herreros, Provincia de Segovia. Consideraciones de lo que fué en lo antiguo, y lo que puede ser en la actualidad. Imprenta de Ondero, Juan Bravo 40 y 42, Segovia. 12 pp.
- Llorente, T., 1898.** Datos referentes a diversas cavernas de la provincia de Segovia y particularmente de la conocida con el nombre de Cueva de la Solana de la Angostura en el término de Encinas. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico*, 2ª serie, V, 349-375.
- López de Azcona, M.C., Mingarro, F., 1968.** Estudio de los cuerpos concrecionales del albense de Segovia. *Estudios Geológicos* XXIV, 243-247.
- López de Azcona, M.C., Mingarro, F., Fort, R., 1999.** Restauración del zócalo granítico del Palacio Real de Riofrío (Segovia). *Restauración y Rehabilitación*, 29.
- Luceño, M., Vargas, P., 1991.** *Guía botánica del Sistema Central Español*. Pirámide, Madrid. 354 pp.

M

- Macpherson, J., 1892-93.** Fenómenos glaciares en San Ildefonso (Segovia). *Actas de la Sociedad Española de Historia Natural* XXII, 144-147.
- Macpherson, J., 1901.** *Geología*. Manuales Soler, XIV, Barcelona. 184 pp.
- Madoz, P., 1845-1850.** *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar*. Segovia. Edición facsímil, Ámbito Ediciones y Diputación de Segovia, Valladolid. 262 pp.
- Marcelo, G., Díez, A., 1998.** José Torrubia y el Nacimiento de la Espeleología Científica en España. *Geogaceta* 24, 223-226.
- Marcelo, G., Díez, A., 2001.** Aportaciones de Andrés Laguna a la Mineralogía Renacentista. En: J.L. García y J.M. Moreno (Coords.), *Andrés Laguna. Humanismo, Ciencia y Política en la Europa Renacentista*, *Estudios de Historia de la Ciencia y de la Técnica*, 17, Junta de Castilla y León, Consejería

de Educación y Cultura, Valladolid, 363-376.

Marcelo, G., Díez, A., 2002. José Torrubia y el Nacimiento de la Espeleología Científica en España. Boletín del Museo Andaluz de la Espeleología 14, 11-14.

Marcelo, G., Díez, A., Luquero, M.A., 1997. La espeleología científica en la provincia de Segovia durante los siglos XVIII y XIX. 7º Congreso Español de Espeleología, Federació Catalana d'Espeleologia, GIRES Sesrovires, San Esteve Sesrovires, Barcelona, pp. 211-219.

Marcos, F., 1994. Un yacimiento de casiterita de San Rafael, Segovia. Azogue 16, 9-15.

Marqués, J., 1995. El pueblo de las canteras. Escaparate, diciembre 1995, 10.

Martín Duque, J.F., 1992. Nuevos datos sobre el glaciario pleistoceno de la Sierra de Guadarrama: los glaciares del arroyo de Las Pozas y del Chorro, y el circo pantanoso (bog cirque) de las Regajeras. En: F. López Bermúdez (Ed.), Estudios de Geomorfología en España, Sociedad Española de Geomorfología, Murcia, pp. 393-401.

Martín Duque, J.F., 1997. La geomorfología en los estudios del medio físico y planificación territorial. Propuesta metodológica y aplicación a un sector del Sistema Central. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 364 pp.

Martín Duque, J.F., Pedraza, J., Sanz, M.A., Bodoque, J.M., Godfrey, A., Díez, A., Carrasco, R.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., Rincón, A., 1988. Estudio de ordenación territorial en un sector de la cuenca del río Pirón (Segovia). Premios del I Concurso sobre el Medio Ambiente. Caja Segovia, Segovia, pp. 108-176.

Martín Escorza, C., 1980. Cabalgamiento del zócalo granítico sobre la cobertera neógena al este de Villacastín (Cuenca del Duero – Cordillera Central). Estudios Geológicos 36, 409-412.

Martín Escorza, C., 1999. Factores geológicos en los grabados rupestres de Domingo García. En: S. Ripio, L.J. Mucio (Dir.), Domingo García. Arte Rupestre Paleolítico al aire libre en la meseta castellana, Arqueología en Castilla y León, Memorias 8, Junta de Castilla y León y UNED, Salamanca, pp. 31-40.

Martín-Gil, J., Martín-Gil F.J., Saavedra, J.A., 1989. An análisis of the chemical and physical properties of deteriorated stones in historical monuments in Castile-Leon. En: N.S. Baer, C. Sabbioni, A.I. Sors (Eds.), Science, Technology and European Cultural Heritage, Comisión of European Communities, Bologna.

Martín-Pozas, J.M., Martín Vivaldi, J., Sánchez-Camazano, M., 1983. El yacimiento de sepiolita-paligorskita de Sacramenia, Segovia. Boletín Geológico y Minero XCIV(II), 113-120.

Martínez Atienza, F., 1999. Bibliografía (1945-1998) paleopolínica del Holoceno Ibérico. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biológica) 95(1-2), 5-30.

Martínez García, E., 2002. Acreción de terrenos precámbricos y coberteras posacrecionarias en el Macizo Ibérico (España y Portugal). Geogaceta 32, 163-166.

Martínez Solares, J.M., 2001. Los efectos en España del terremoto de Lisboa (1 de noviembre de 1755). Dirección General del IGN, Ministerio de Fomento, Madrid. 756 pp.

Martínez de Pisón, E. (Dir.), 1977. Los paisajes naturales de Segovia, Ávila, Toledo y Cáceres. Estudio Geográfico. Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid. 251 pp.

Mazo, A.V., Van der Made, J., Jordá, J.F., Herráez, E., Armenteros, I., 1998. Fauna y bioestratigrafía del yacimiento aragonés de Montejo de la Vega de la Serrezuela (Segovia). Estudios Geológicos 54, 231-248.

Meléndez, B., Fúster, J.M., 1966-2000. Geología. Paraninfo, Madrid. 687-911 págs.

Meléndez, B., Crusafont, M., Villalta, J.F. de, 1944. Nuevo yacimiento pontiense en la provincia de Segovia. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural 42, 621-626.

Miguel, F. de, Temiño, J., 1988. Itinerario geológico por el flanco norte del anticlinorio Honrubia-Pradales y el borde meridional de la Depresión del Duero, en el entorno de Montejo de la Vega (Segovia). Henares Revista de Geología 2, 493-500.

Miláns del Bosch, J., 1920. Yacimientos de hierro del Partido de Riaza. Revista Minera XLI, 449-463.

Molero, G., Maldonado, E., Ifigo, C., Sánchez, F.L., Díez, A., 1989. El yacimiento del Pleistoceno superior de la Cueva del Buho (Perogordo, Segovia) y su fauna de vertebrados. Resúmenes de comunicaciones de las V Jornadas de Paleontología, Servei de Publicacions de la Universitat de València, Valencia, pp. 101-102.

Molina, E., Armenteros, I., 1986. Los arrasamientos plio-pleistocenos en el sector suroriental de la Cuenca del Duero. *Studia Geologica Salmanticensia* XXII, 293-307.

Morales, J. (Coord.), 1993. Madrid antes del hombre. Consejería de Educación y Cultura, Comunidad de Madrid, Madrid. 48 pp.

Moreno F., Sanz Donaire, J.J., 1983. Estudio de los sedimentos fluviales en conductos kársticos de Prádena de la Sierra (Segovia). *Actas VI Coloquio de Geografía*, AGE, Palma de Mallorca, 73-80.

Moreno, F., 1978. El karst de Prádena de la Sierra. Memoria de Licenciatura. Universidad Complutense, Madrid. 203 pp.

Moreno, F., 1979-1980. El karst de Prádena de la Sierra. *Geographica* XXI-XXII, 77-94.

Moreno Sanz, F., 1989. Zonas kársticas en la vertiente N de la Sierra de Guadarrama. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 773 pp.

Muñoz del Castillo, J., 1906. Nuevos minerales radiactivos de San Rafael de El Espinar (provincia de Segovia). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 6, 163-166.

Muñoz del Castillo, J., Retamal Martín, J., 1905. Minerales radiactivos de El Espinar. *Anales de la Sociedad de Física y Química*, año III.

Muñoz, J., Tanarro, L.M., 2000. Los valles disimétricos de la Alta Cuenca del Duratón. En: J.J. Sanz Donaire, M.E. Pérez González (Eds.), *XV Jornadas de Campo de Geografía Física*, Universidad Complutense de Madrid y AGE, Madrid, pp. 26-40.

N

Navarro, J.A., 2004. Arquitectura popular en la provincia de Ávila. Diputación Provincial de Ávila, Ávila. 380 pp.

Nozal, F., Montes, M.J., 2004. La secuencia del Páramo Inferior en el borde norte del Anticlinal de Honrubia (Mioceno del SE de la Cuenca del Duero). *Geo-Temas* 6(2), 103-106.

O

Obermaier, H., Carandell, J., 1917. Los glaciares cuaternarios de la Sierra de Guadarrama. *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Serie Geológica*, número 19.

Olmedo, J., 2004. Caracterización petrológica, mecánica y petrofísica de la Piedra 'Rosa Sepúlveda' (Cretácico superior de Segovia), utilizada como material de construcción. Tesis Doctoral, Universidad Complutense, Madrid, 258 págs.

Olmedo, J., Calvo, J.P., González Ubanell, A., Fernández Canovas, M., 2004. La Caliza Rosa Sepúlveda: yacimientos, características petrofísicas y utilización en construcción. *Geo-Temas* 6(1), 279-282.

Oria, J., Sánchez Aguado, F., 1999. Paseo por la fauna de Segovia. Colección Hombre y Naturaleza IV. Ayuntamiento de Segovia y otros, Segovia. 248 pp

Ortiz, I., 1997. Cuevas y Simas de la Zona Centro. Isidoro Ortiz, Galapagar, Madrid. 286 pp.

P

Palacios, D., Marcos, F.J., 2000. Peñalara: procesos actuales y recientes en alta montaña. En J.J. Sanz Donaire, M.E. Pérez González (Eds.), *XV Jornadas de Campo de Geografía Física*, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, pp. 41-61.

Parga, J.R., 1969. Sistemas de fracturas tardihercínicas del macizo Hespérico. *Trabajos del Laboratorio Xeológico de Laxe* 37, 3-15.

Pecharromán, A., 1991. En Valle de Tabladillo, la ingente labor de un hombre, Eleuterio Poza Lobo. *El Adelantado de Segovia, Suplemento Jueves*, 22 de agosto, nº 27.866, pág. 1.

Pedraza, J., 1978. Estudio geomorfológico de la zona de enlace entre las sierras de Gredos y Guadarrama (Sistema Central Español). Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 459 pp.

Pedraza, J., 1994. Sistema Central. En: M. Gutiérrez Elorza (Coord.), *Geomorfología de España*, Rueda, Madrid, pp. 63-99.

Pedraza, J., Centeno, J., González, S., 1986. Mapa Fisiográfico de Madrid. Memoria y mapa a escala 1:200.000. Consejería de Agricultura y Ganadería, Comunidad Autónoma de Madrid, Madrid. 42 pp.

Pedraza, J., Sanz, M.A., Martín, A., 1989. Formas graníticas de la Pedraza. Agencia de Medio Ambiente, Comunidad de Madrid, Madrid. 205 pp.

Pedraza, J., Carrasco, R.M., Díez, A., Martín Duque, J.F., Martín Ridaura, A., Sanz Santos, M.A., 1996. Geomorfología. Principios, métodos y apli-

caciones. Rueda, Madrid. 414 pp.

Pérez González, A., 1979. Terrazas abandonadas por cambio en la primitiva red del sistema fluvial del río Eresma. I Reunión sobre la Geología de Cuenca del Duero, IGME, Salamanca, pp.777-780.

Pérez Sánchez, P., 1933. Estudio de los criaderos minerales de San Rafael (Segovia). Catálogo Descriptivo de Criaderos Minerales, 1-2.

Pérez, P., 1920. Estudio de los criaderos minerales de San Rafael (Segovia). Boletín Oficial de Minas y Metalurgia IV(32-33), 1-25.

Pérez Badía, R., Gavilan, R., Fernández González, F., 1998. *Astragalus sempervirens* subsp. *muticus* (Pau) Lainz y otras novedades florísticas para la Sierra de Guadarrama descubiertas en los mármoles del Macizo de Peñalara. Anales Jardín Botánico de Madrid 56(2), 397-398.

Pérez Dimas, A., Piñuela González, M.H., 2005. Guía de monumentos Naturales de Zarzuela del Monte, Asociación Segovia Sur, Segovia. 56 pp.

Pinillos, M., Llorente, J., Martín, D., Díez, A., 2003. Itinerarios por los miradores de la provincia de Segovia. Colección Naturaleza y Medio Ambiente 38 XIV Premio de Medio Ambiente, Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Segovia, Segovia, 276 pp.

Portero, J.M., 1970. Estudio geológico-tectónico de la zona de Urueñas-Sepúlveda-La Matilla. Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 61 pp.

Pozo, M., Caramés, M., Doval, M., Rodas, M., 1985. Distribución y evolución de los minerales de la arcilla en ambientes sedimentarios de la facies Cuesta (sector centro-meridional de la Cuenca del Duero). Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía 8, 247-255.

Prado, C. de, 1852. Observaciones acerca de los terrenos de Castilla la Vieja para deducir, que a una profundidad probablemente asequible, es un gran depósito carbonífero limitado por la cordillera de Guadarrama. Revista Minera III, 371.

Prado, C. de, 1853. Sobre la constitución geológica de España. 'Composición de las tres cordilleras paralelas del interior' y 'Composición de las llanuras, valles y costas'. Revista Minera IV, 467-469 y 476-478.

Prado, C. de, 1854a. Note sur le constitution geologique de la province de Segovia. Bulletin de la Societé Géologique de France 11, 330-338.

Prado, C. de, 1854b. Trabajos de la Comisión del Mapa Geológico (1852). Sección geológico-paleontológica. Revista Minera V, 434-442.

Prado, C. de, 1854c. Nota sobre la constitución geológica de Segovia. Revista Minera V, 602-610.

Prado, C. de, 1855a. Comisión del mapa geológico. Memoria de los trabajos ejecutados en 1853. Sección geológico-paleontológica. Revista Minera VI, 494-497.

Prado, C. de, 1855b. Mapa geológico en bosquejo, grabados y cortes. Segovia. Trazado en 1853. Memoria que comprende el resumen de los trabajos verificados en el año 1853 por las diferentes secciones de la comisión encargada de formar el mapa geológico de la provincia de Madrid y el general del Reino. Sección geológico-paleontológica. 4ª Memoria de la Comisión del Mapa geológico de Madrid y el general del Reino, 11-55.

Prado, C. de, 1856. Descripción del mapa geológico en bosquejo. Segovia. Memorias de la Comisión encargada de formar el Mapa geológico de la provincia de Madrid y el general del Reino.

Prado, C. de, 1858. Descripción geológica de la provincia de Segovia. Revista Minera IX, 204-213, 225-236, 322-331 y 403-412.

Puig y Larraz, G., 1896. Cavernas y simas de España. Segovia. Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España XXI (I, segunda serie), 288-292.

Puig y Larraz, G., 1897. Catálogo geográfico y geológico de las cavidades naturales y minas primordiales de España. Segovia. Anales de la Sociedad Española de Historia Natural, serie II tomo sexto (XXVI), 52-54.

Q

Quílez, E., 1994. Mineralizaciones filonianas de wolframio de la Sierra de Guadarrama: modelo y caracterización del proceso hidrotermal. Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía 17, 281-282.

Quílez, E., Morata, D., Vindel, E., Sierra, J., López García, J.A., 1994a. Zonación mineral y movilidad química asociadas a los procesos de alteración hidrotermal en la mineralización de W(±Sn,Mo) de Cabeza Lijar (Sistema Central español). Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía 17-1, 190-191.

Quílez, E., Vindel, E., Sierra, J., Rull, F., 1990. Estudio de inclusiones fluidas en la mineralización de wolframio-molibdeno de Cabeza Lijar (Sistema Central español). Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía 13-1, 77-78.

Quílez, E., Vindel, E., Sierra, J., Cathelineau, M., Boiron, M.C., López García, J.A., 1994b. Caracterización del proceso hidrotermal en la mineralización de W de El Estepar (Sistema Central español). Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía 17-1, 192-193.

R

- RAE, 1992.** Diccionario de la Lengua Española. Real Academia Española, Vigésima Primera Edición, Espasa Calpe, Madrid. 2133 pp.
- Ramírez, A., 1975.** Supervivencia de una obra hidráulica: el Acueducto de Segovia. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 40, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid. 297 pp.
- Rey Benayas, J.M., 1991.** Aguas subterráneas y ecología. Ecosistemas de descarga de acuíferos en los arenales. Colección Técnica 139, ICONA, Madrid 141 pp.
- Rivera, J., 2002.** El Acueducto de Segovia: restauraciones históricas. En: J. Rivera (Dtor.), El Acueducto de Segovia, Monumentos Restaurados IV, Fundación Caja Madrid, Madrid, pp.149-199.
- Rivero, R.L., 1889.** Plano geológico (Numº 2). Pinar de Valsain. Escala 1:40.000. Comisión de Ordenación de los Reales Montes de Valsain. San Ildefonso 15 de septiembre de 1889.
- Rodríguez Blanco, J., Fort, R., 1996.** Modificaciones cromáticas ante diferentes tratamientos de conservación del Claustro de Santa María la Real de Nieva (Segovia, España). En: E.M. Sebastian Pardo, I.Valverde, U. Zezza (Eds.), Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación, CEDEX-MOPTMA y Univ. de Granada, Granada, pp. 488-493.
- Ruiz Hernando, J.A., 1982.** Historia del Urbanismo de la ciudad de Segovia del siglo XII al XIX. Diputación Provincial de Segovia y otros, Segovia. Tomo I, 230 páginas. Tomo II, 394 páginas.
- Ruiz Hernando, J.A., 1986.** La ciudad de Segovia. Ayuntamiento de Segovia, Segovia. 135 pp.
- Rzefka, C., 1979.** Estudio petrológico de los afloramientos graníticos de Santa María la Real de Nieva. Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

S

- Sahún, B., Gómez, J.J., Lillo, J., del Olmo, P., 2004.** Arsénico en aguas subterráneas e interacción agua-roca: un ejemplo en la cuenca terciaria del Duero (Castilla y León, España). Revista de la Sociedad Geológica de España 17(1-2), 137-155.
- San Mellón, J.C., 1999.** Estudio de desarrollo sostenible de los humedales de Cantalejo y su entorno desde el ámbito del turismo, ocio y educación ambiental. Colección Naturaleza y Medio Ambiente, Obra Social y Cultural de Caja Segovia, Segovia, 74 pp.
- San Miguel de la Cámara, M., 1952.** Explicación de la hoja nº 375, Fuentelcásped. Mapa Geológico 1:50.000. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- San Miguel de la Cámara, M., 1955.** Mapa geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja nº 403 Maderuelo (Segovia-Burgos). Instituto Geológico y Minero de España, nº 251, Madrid, 84 pp.
- Sánchez del Barrio, A., 1995.** Arquitectura popular. Temas didácticos de cultura tradicional. Castilla Ediciones, Valladolid. 57 pp.
- Sánchez Cela, V., 1962.** Afloramiento granítico de Segovia. Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Sánchez Gómez, J., 1989.** De Minería, Metalúrgica y Comercio de Metales. La minería no férrica en el Reino de Castilla. 1450-1610. Acta Salmanticensis, Estudios Históricos y Geográficos 65. Universidad de Salamanca e IGME, Salamanca. 2 tomos, 789 pp.
- Santamaría, J.M., 1991.** La Fresneda de los Porretales. En: Nuestros árboles. Día Forestal Mundial, Obra Social Caja Segovia, Segovia, pp. 7-8.
- Sanz, I., 1988.** Hoces del Duratón. Colección Ala Delta 52. Edelvives, Zaragoza. 123 pp.
- Sanz, I., 2000.** Etnografía Segoviana. Colección Etnográfica. Segovia Sur, Segovia. 244 pp.
- Sanz, J.L., 1986.** Nouveaux Gisements de Dinosauriens dans le Crétacé Espagnol. Les dinosauriens de la Chine a la France, Colloque International de Paléontologie, Toulouse, pp. 81-88.
- Sanz, J.L., Buscalioni, A.D., 1987.** New evidence of armoured titanosaurs in the Upper Cretaceous of Spain. In: P.M. Currie, E.H. Koster (Ed.), Fourth Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems, Drumheller. Occasional Paper of the Tyrrell Museum of Palaeontology, 3, 199-204.
- Sanz Herraiz, C., 1977.** Morfología glaciar en la Sierra de Guadarrama. El modelado de las áreas glaciares y periglaciares (Peñalara – Los Pelados). V Coloquio de Geografía, Universidad de Granada, Granada, pp. 49-55.
- Sanz Herraiz, C., 1988.** El relieve del Guadarrama oriental. Consejería de Política Territorial, Comunidad de Madrid, Madrid. 547 pp.
- Sección Espeleológica de Ingenieros Industriales, 1982.** El karst de Prádena. Jumar 5, 91-105.
- Selby, M.J., 1985.** Earth's Changing Surface. Oxford University Press, Oxford. 607 pp.

- Séptima Promoción de la Escuela Técnica de Peritos Topógrafos, 1979.** Topografía de la cueva de los Enebralejos. En: M. Fernández Tabera (Ed.), Avance a los catálogos de cavidades de Madrid y Segovia. Comité Castellano-Centro de Espeleología, Madrid.
- SIEMCALSA, 1997.** Mapa Geológico y Minero de Castilla y León. Escala 1:400.000. Junta de Castilla y León, Valladolid. 484 pp.
- Siguero, P.L., 1997.** Significado de los nombres de los pueblos y despoblados de Segovia, P.L. Siguero Llorente, Segovia. 380 pp.
- Simancas Pérez, 1968.** Estudio geológico de los alrededores de Grado del Pico. Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Soler, J., Marqués, I., García, J.I., 2003.** Patrimonio Industrial. Provincia de Segovia. Junta de Castilla y León. Segovia. Edición en CD-ROM.
- Suárez, M., 1992.** El yacimiento de paligorskita de Bercimuel (Segovia). I. Mineralogía y Génesis. II. Caracterización físico-química del mineral y activación ácida. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca, Salamanca. 296 pp.
- Suárez, M., Armenteros, I., Navarrete, J., Martín Pozas, J.M., 1989.** El yacimiento de paligorskita de Bercimuel: Génesis y Propiedades Tecnológicas. *Stvdiá Geológica Salmanticensis* XXVI, 27-46.
- Suárez, M., Díez Torres, J.A., Añorbe, M., Navarrete, J., Martín Pozas, J.M., 1991a.** Mineralogía de arcillas en el Sector Central de la Cuenca del Duero. *Boletín Geológico y Minero* 102(2), 308-318.
- Suárez, M., Flores, L.V., Añorbe, M., Díez, J.A., Navarrete, J., Martín Pozas, J.M., 1991b.** In: M. Storr, K.H. Henninh, P. Adolphi (Eds.), *Proceedings 7th Euroclay Conference, Dresdem, Ill.*, pp. 1019-1023.
- Suárez, M., Navarrete, J., Martín-Pozas, J.M., 1993.** Estudio mineralógico del yacimiento de paligorskita de Bercimuel (Segovia) y de su entorno. *Boletín Geológico y Minero* 104(4), 407-415.
- Sudriès, J., 1982.** Néotectonique de bordure: l'exemple de la Sierra de Guadarrama centrale. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest* 53(4), 403-414.

T

- TALPA, C.E.** Catálogo de cavidades del karst de Prádena de la Sierra. Memorias de actividades 1982-1998. San Fernando de Henares (inédito).
- Tardío, T., 1997.** Ermitas y santuarios de Segovia. Segovia al paso 4. Academia de Historia y Arte de San Quirce, Segovia. 93 pp.
- Tárraga, M.L., 2002.** Rocas ornamentales para el retablo mayor de la Catedral de Segovia. *ROC Máquina* 74, 66-72.
- Temíño, J., García-Hidalgo, J.F., Segura, M., 1997.** Caracterización y evolución geológica del sistema dunas-humedales de Cantalejo. *Estudios Geológicos* 53, 135-143.
- Temíño, J., Rebollo, L.F., Galán, J.L., 1995.** Análisis del origen y la dinámica de las Lagunas de Cantalejo (Segovia) y caracterización de los rasgos ambientales derivados de su relación con las aguas subterráneas. *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos* 20, 339-352.
- Thomas, M.F., 1974.** *Tropical Geomorphology. A study of weathering and landform development in warm climates.* Macmillan, London. 332 pp.
- Tomos, F., 1990.** Los skarns y mineralizaciones asociadas del Sistema Central Español. Modelo de caracterización petrológica, geoquímica y metalogenética. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 497 pp.
- Tomos, F., Casquet, C., 1984.** La mineralización de W-Sn-Cu-Zn-Pb de Otero de Herreros. I Congreso Español de Geología, ICOG, Segovia, tomo II, 703-717.
- Tomos, F., Casquet, C., 1985a.** General features of skarns and associated ores in the Spanish Central System. *Sem. Met. St. Sigolene*, 83-88.
- Tomos, F., Casquet, C., 1985b.** Rasgos generales de los skarns y mineralizaciones asociadas del Sistema Central Español. *Cuadernos do Laboratorio Xeoloxico de Laxe* 10, 311-329.
- Tomos, F., Casquet, C., 1991.** Evolución de los fluidos y mineralización en el plutón epizonal de Navalcubilla (SCE). *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* 14(1), 62-63.
- Tomos, F., Casquet, C., Caballero, J.M., 1993.** La alteración hidrotermal asociada al plutón epizonal de Navalcubilla, Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español). *Revista Sociedad Geológica de España* 6(1-2), 67-83.
- Tomos, F., Casquet, C., Galindo, C., Caballero, J.M., 1994.** El skarn de Arroyo Zancado: un caso peculiar de skarn de tipo Ca-Fe en la Sierra de Guadarrama (S.C.E.). *Petrogénesis y cronología.* *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* 17(1), 98-99.
- Tomos, F., Delgado, A., Casquet, C., Galindo, C., Reyes, E., 1996a.** Evolución isotópica de los fluidos ligados a los Sistemas Hidrotermales tardi y postvariscos del Sistema Central Español. *Geogaceta* 20(7), 1501-1503.
- Tomos, F., Delgado, A., Casquet, C., Galindo, C. y Reyes, E., 1996b.** La evolución isotópica de los fluidos ligados a los sistemas hidrotermales tardi y postvariscos del Sistema Central Español. *Boletín SEM* 19(1), 11-12.
- Torres, T.J., 1969.** Un hiénido de las cavernas de Pedraza de la Sierra (Segovia). *Boletín Geológico y Minero* LXXX(III), 231-234.

Torrubia, J. de, 1754. Aparato para la Historia Natural Española. Edición facsímil del Instituto de Geología Económica, 1994, CSIC-Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

V

Vázquez, F., 2002. Itinerario geológico en Armuña. Recorrido didáctico a pie en la provincia de Segovia. Colección Naturaleza y Medio Ambiente, 32, Caja Segovia, Segovia, 87 pp.

Vegas, J., 1998. El cretácico en la provincia de Segovia. Caracterización y degradación de rocas ornamentales y de cantería. Colección Becas de Investigación, Caja Segovia, Segovia. 54 pp.

Vegas, J., 2000. El patrimonio geológico de la provincia de Segovia: geodiversidad y geoconservación. Colección Naturaleza y Medio Ambiente 26. Caja Segovia, Segovia. 69 pp.

Vergara Martín, G.M., 1991. Tradiciones segovianas. Librería Cervantes, Segovia. 79 pp.

Vías, J., 2001. Memorias del Guadarrama. Historias del descubrimiento de unas montañas. Ediciones La Librería, Madrid. 272 pp.

Vidal Box, C., 1943. Notas previas a un estudio morfológico y geológico de la alta cuenca del río Sil, cuencas de Lacedana y Babia Alta (provincia de León). Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid 37(1), 95-117.

Vidal Romaní, J.R., Twidale, C.R., 1998. Formas y paisajes graníticos. Universidade da Coruña. A Coruña, 411 pp.

Vielva, J., Prieto, D., Granados, I., 2004. Restauración de ecosistemas de montaña: el Parque Natural de Peñalara (Madrid, España). Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica) 99(1-4), 209-216.

Villaseca, C., 1984. Evolución metamórfica del sector centro-septentrional de la Sierra de Guadarrama. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 327 pp.

Villaseca, C., 2003. Sobre el origen del batolito granítico del Sistema Central español. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica) 98(1-4), 23-39.

Vindel, E., 1980. Estudio mineralógico y metalogenético de las mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 249 pp.

Vindel, E., 1982. Estudio mineralógico y metalogenético de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español). Boletín Geológico y Minero XCIII (II), 120-145 y XCIII (I), 33-58.

Vindel, E., López García, J.A., García, E., Boiron, M.C., Cathelineau, M., 1996a. Estudio de inclusiones fluidas en granitos microfisurados. Mineralizaciones de W-Sn del Sistema Central Español. Geogaceta 20 (7), 1558-1560.

Vindel, E., López, J.A., Boiron, M.C., Cathelineau, M., Prieto, A.C., 1995. P-V-T-X-fO₂ evolution from wolframite to sulphide depositional stages in intragranitic W-veins. An example from the Spanish Central Systems. European Journal of Mineralogy 7(3), 675-688.

Vindel, E., López-García, J.A., García, E., Boiron, M.C., Cathelineau, M., 1996b. Estudio de inclusiones fluidas en granitos microfisurados: mineralizaciones de W-Sn del S.C.E., Boletín SEM 19(1), 35-36.

W

Warbunton, J., Álvarez, C., 1989. A thrust tectonic interpretation of the Guadarrama Mountains, Spanish Central System. Libro homenaje a Rafael Soler, AGGEP, pp. 147-157.

Y

Yoldi, L., 1990. Entorno y paisaje de una ciudad histórica, Segovia. Caminos para su conservación. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid. 288 pp.

Z

Zamora, A., 1976. Excavaciones de la Cueva de La Vaquera, Torreiglesias (Segovia). Edad de Bronce. Diputación Provincial de Segovia, Segovia.

Zamora, A., 1995. El Acueducto de Segovia. Segovia al Paso 1. Academia de Historia y Arte de San Quirce, Segovia. 91 pp.

así se hizo



Este libro constituye la síntesis de la información conseguida por los autores hasta la fecha sobre la geología y geomorfología de la provincia de Segovia. El origen de ese material es doble. Por un lado se trata de documentación propia, como artículos científicos, informes, tesis y tesinas o trabajos de campo realizados con distintos fines. Por otro lado es fruto de una labor de recopilación y 'traducción', a un lenguaje más coloquial, de artículos científicos elaborados por otros autores.

Sobre la base de la información sintetizada se ha elaborado documentación gráfica específica, sobre todo fotografías aéreas oblicuas y dibujos (bloques diagramas, cortes, esquemas, reconstrucciones paleogeográficas...). La duración total del proyecto (síntesis de información, fotografías y dibujos) ha sido de tres años (2002 a 2004), simultaneado con otras actividades.

Las fotografías aéreas oblicuas fueron tomadas por Justino Diez, Alberto Carrera, Jorge Soler, y los autores, en cinco vuelos realizados específicamente con este fin. Los vuelos se llevaron a cabo desde el aeródromo de Fuentemilanos, y los pilotos fueron Gonzalo Suárez en cuatro ocasiones y David González en una.

Los dibujos fueron realizados por Jorge Soler. Jorge se incorporó desde el principio con el encargo de redibujar nuestros bocetos, realizar bloques diagrama sobre fotografías aéreas, y llevar a cabo complicados esquemas a partir de pilas de material gráfico disperso y variado que le facilitábamos. De su excelente trabajo es buena prueba el casi un centenar de dibujos que ilustran esta obra. Superando la tarea encomendada, se implicó de tal manera que podemos decir que es en realidad el tercer autor de este libro.

El disponer de un fotógrafo de naturaleza con reconocido prestigio, como es Justino Diez, ha sido todo un lujo en tres de los vuelos en avioneta para la realización de fotografías aéreas oblicuas (vuelos segundo, tercero y cuarto). La calidad y excelente composición de su trabajo puede reconocerse en sus fotos, que no precisarían ir firmadas.

Alberto Carrera, otro excelente fotógrafo de naturaleza, ha supuesto para nosotros un auténtico privilegio, ya que no sólo nos acompañó en numerosas salidas al campo, realizando unas soberbias fotos, sino que voló en dos ocasiones (vuelos primero y quinto). La deuda contraída con Alberto supera lo que aquí podamos llegar a expresar. Su implicación en el libro incluye el proceso de selección y tratamiento de la mayoría del material fotográfico, aportando muchos días completos de trabajo.

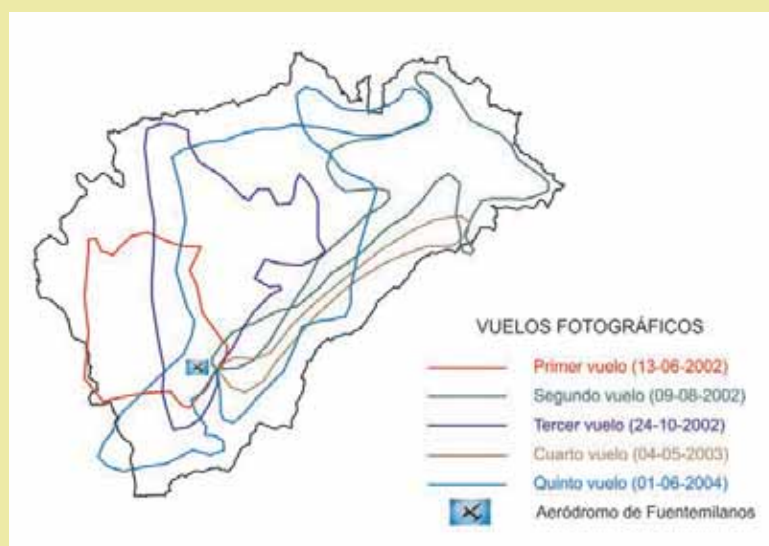
Por último, Mariano Carabias, con su genial forma de diseñar y maquetar, puso la guinda a este proyecto, haciendo que ideas a veces demasiado racionales y formales, se transformasen en un producto original y atractivo.

Así se tomaron las fotografías aéreas

El primer vuelo se realizó el 13 de junio de 2002, por el noroeste provincial, con este itinerario aproximado: Fuentemilanos, Torredondo, Los Huertos, Carbonero El Mayor, Navas de Oro, Nava de La Asunción y Coca, volviendo hacia el Sur en una diagonal hasta Valdeprados, y de aquí nuevamente a Fuentemilanos. En este trayecto se prestó especial atención al valle del Eresma, a la Tierra de Pinares y a las campiñas de este sector. El segundo vuelo se realizó el 9 de agosto de 2002. El recorrido en este caso fue el Nordeste y Este provincial: hoces de los ríos Duratón y Riaza, campiñas de Ayllón, Grado del Pico, Sierras de Ayllón y Somosierra, y valle del río Serrano, regresando por la comarca de Pedraza. El tercer vuelo se llevó a cabo el 24 de octubre de 2002, y abarcó el centro y centro-norte de la provincia de Segovia: Fuentemilanos, caserío de Quintanar, valles del Pirón y Viejo en Torreiglesias, Caballar, Pajares de Pedraza, curso del río Cega hasta Cuéllar recorriendo Los Porretales, lagunas de Cantalejo y Lastras, y el Cañón del Cega en la Tierra de Pinares; desde Cuéllar se sobrevolaron los páramos de esta comarca, y se regresó trazando una diagonal hasta Monterrubio y Los Calocos. El cuarto vuelo se realizó el 4 de mayo de 2003. La superficie cubierta en este caso fue el centro y sur provincial, es decir la vertiente norte del Guadarrama desde La Sierra de Quintanar hasta las proximidades de Somosierra, volviendo por el piedemonte de este mismo tramo serrano. Finalmente el quinto vuelo, realizado el 1 de junio de 2004, el más largo de todos, tuvo por objetivo cubrir todas aquellas áreas con localizaciones de interés y que por distintos motivos no habían sido fotografiadas en vuelos anteriores, o bien porque el resultado no fue bueno. De esta manera el recorrido aproximado fue: Fuentemilanos, Otero de Herreros, La Granja, Sotosalbos, Navafría, Sepúlveda, Fuentidueña, Sacramenia, Aldeanueva de la Serrezuela, Pradales, Cuéllar, El Espinar, San Rafael y Fuentemilanos, pasando por el entorno de Segovia.

El procedimiento en todos los casos fue el siguiente: se establecía un itinerario previo para una amplia comarca o cuadrante provincial, marcando en él los lugares de mayor interés geológico y geomorfológico. Una vez en vuelo, algunos de estos puntos requerían varias 'pasadas', mientras que otros eran desechados por no obtenerse la perspectiva o el contraste de relieve esperado (caso de algunos valles de origen tectónico o elementos demasiado pequeños). Con muchísima frecuencia, sitios no considerados *a priori* eran fotografiados por su singularidad, o bien seleccionados para un vuelo posterior. Tal fue el caso del curso del arroyo de las Pozas siguiendo una falla, al norte del puerto de Navafría. La espectacularidad de este accidente geomorfológico (figura 51) sólo pudo ser identificada desde el aire.

así se hizo



AGRADECIMIENTOS

La elaboración de este libro ha constituido una empresa que sólo ha podido llevarse a cabo gracias a muchas aportaciones y colaboraciones desinteresadas.

Deseamos personalizar nuestro primer agradecimiento en las fuentes de información sobre las que se basan buena parte de los contenidos del libro. Miguel Ángel Sanz Santos elaboró los Modelos Digitales de Elevaciones de las páginas 86 y 137, y Pablo Veyrat elaboró el Modelo Digital de Elevaciones que introduce el tercer capítulo. Emilio Carreño y Roberto Cerdeño, del Instituto Geográfico Nacional, nos cedieron los registros digitales de sismogramas del terremoto de Ceguilla. El Instituto Geológico y Minero de España autorizó la reproducción de mapas geológicos. Honorio Barrero, antiguo calero de Vegas de Matute, nos informó sobre la fabricación de la cal, y Gregorio Criado, antiguo minero de San Rafael, sobre la minería del estaño y el wolfram. Urbano Rodríguez, vecino de Ortigosa del Monte, nos relató nombres y leyendas del Berrocal. Ángel Prados y Feliciano Gozalo nos hablaron sobre la cantería de granito del entorno de Villacastín, y Javier Arenal y Eduardo Casanova sobre parajes y toponimia del entorno de La Granja y Valsaín. Ignacio Matarranz y Bonifacio Bartolomé, del Archivo Capitular Catedralicio de Segovia, nos facilitaron el acceso al lapidario-muestrario del Altar Mayor y la documentación del archivo. Eleuterio Poza, y su nieto Miguel, miembros de una extensa saga de yeseros del Valle de Tabladillo, nos mostraron su mina y nos explicaron la extracción y transformación del yeso. Luis Dieste, Fernando San Miguel y Pedro, de MYTA, nos enseñaron la planta de Maderuelo y la mina de Bercimuel. José Orcajo nos autorizó a reproducir su ilustración del cartel anunciante de la festividad de San Frutos 1989, que finalmente quedó fuera por falta de espacio. Manuel Marcos, de la Concejalía de Urbanismo del Ayuntamiento de Segovia, nos facilitó información sobre el Plan Especial del Recinto Amurallado. Luis Alberto de Frutos proporcionó información sobre el Berrocal de Ortigosa, La Risca de Valdeprados y el entorno de Los Calocos. Mariano María, Florencio González y Ángel Pérez Dimas nos enseñaron formas graníticas curiosas de Zarzuela del Monte. Además, Ángel Pérez Dimas nos autorizó a reproducir la aportación artística de la figura 99. Miguel Ángel Moreno nos informó sobre el entorno de Navafría. Alfonso Gilmartín nos mostró el sector del macizo situado entre Zarzuela del Pinar y Fuentepelayo. Julio Barea y Juan Bielsa (TALPA) cedieron información y material gráfico de la Cueva de Los Enebralejos. Rafael Fort nos permitió acceder a sus publicaciones sobre restauración de monumentos. El Museo de Segovia nos autorizó a fotografiar algunas piezas arqueológicas. Araceli Miguel Rubio aportó información sobre Domingo García. Los responsables de los comercios de la calle Cervantes (Quintanilla, Bayón, Sierra y La Roca), nos facilitaron la entrada a sus establecimientos y la toma de datos de los aflora-

así se hizo

mientos rocosos allí ubicados. Les agradecemos además que tuvieran el gusto de conservar unas magníficas exposiciones estratigráficas. Josefa Gómez autorizó la reproducción de la figura 267. Jesús Sánchez y Agustín Blanco escanearon una gran parte de las diapositivas obtenidas en los vuelos. Un recuerdo muy especial al desaparecido y estimado Paco Marfagón, quien se encargó de recopilar y transmitirnos datos sobre la evolución de la laguna de Laguna Rodrigo.

Algunas personas cercanas a los autores, y buenos conocedores de la Provincia, ayudaron en la redacción de capítulos. Emilio Blanco, Alberto Díez y Alberto Rincón colaboraron en el capítulo de geobotánica, y Jorge Soler en la elaboración del capítulo sobre el tipo de terreno y la arquitectura popular.

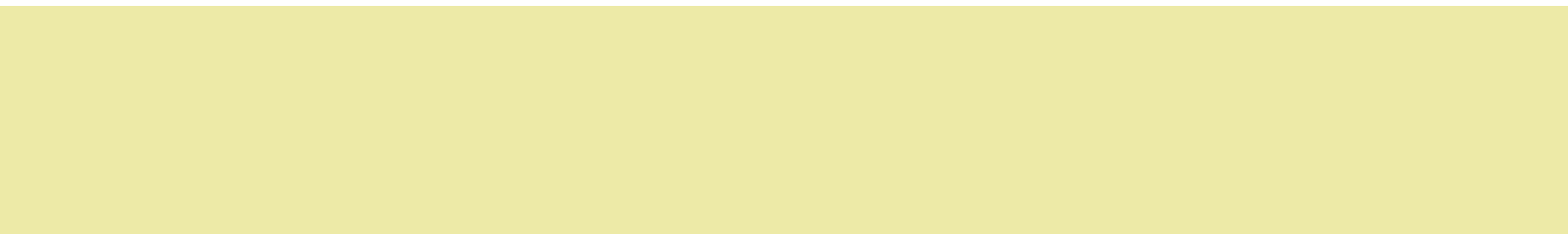
Como revisores de contenido científico intervinieron una serie de investigadores, la mayor parte de ellos de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid. Éstos fueron: Javier de Pedraza, sobre geomorfología glaciar y granítica; Juan de Dios Centeno, Miguel Ángel Sanz y Aurora Martín, sobre geomorfología granítica; César Casquet, sobre gneises leucocráticos del Guadarrama y su expresión morfológica; Paloma Fernández, sobre geomorfología del Macizo de Santa María La Real de Nieva; Carlos Villaseca, sobre rocas plutónicas y metamórficas del Sistema Central; Javier Escuder, sobre la zona de cizalla dúctil Berzosa – Riaza; José J. Martínez Díaz (Josechu) sobre las fallas de Zarzuela del Monte y Gallegos; y Juana Vegas, sobre turberas.

Guadalupe de Marcelo, Alberto Díez, Juan Carlos Sacristán, Miguel Ángel San Frutos, Guillermo Herrero, Alonso Zamora, Teresa Tardío, Rodolfo Masegosa, José María Ruiz y Fernando Vázquez leyeron los primeros borradores de los textos, realizando correcciones y aportando ideas que han enriquecido el producto. Blanca Salinas, Leopoldo Yoldi, José Antonio Abella, Pedro López y Alberto Rincón realizaron la lectura del manuscrito final, mejorándolo notablemente.

Queremos agradecer a Emery Cleaves, Alberto Díez, Alberto Carrera, Jorge Soler, Alcázar Rus, Alberto Rincón, Pedro López, Rodolfo Masegosa, Pablo Galindo, Pablo Marinero, Maribel Benito, Ainhoa Lorenzo y Gerardo Benito su compañía en el trabajo de campo y gabinete. A Javier Viñuela, por ser capaz de dar con el título que buscábamos. A Gonzalo Suárez y David González, pilotos del aeródromo de Fuentemilanos, por su profesionalidad y por entusiasmarse con el proyecto. A nuestros compañeros, Javier de Pedraza, Miguel Ángel Sanz, Rosa M. Carrasco, Javier Lario, Jacinto Alonso y José Bodoque, por transmitirnos sus conocimientos y consejos. Un agradecimiento destacado para Andrew Godfrey, del Servicio Forestal de Estados Unidos, quien colaboró en la estructuración de contenidos y en el análisis fisiográfico de la provincia de Segovia.

Para finalizar, queremos mostrar nuestro agradecimiento a Jesús Rodríguez Romo, Carmelo Alonso Temiño y Javier Manzano Pablos por su apoyo decidido a este proyecto.

El reconocimiento más especial va dirigido a nuestras familias y amigos, por el mucho tiempo robado durante la elaboración de este libro.



así se hizo

Fotografías de portada e introducción de capítulos

- Fotografía de portada: *Ladera acarcavada en Valleruela de Pedraza (Foto: A. Carrera).*
- Páginas 2-3 y 462-463: *Panorámica del Guadarrama Central (Foto: A. Carrera).*
- Página 14: *Morfología granítica del entorno de Villacastín (Foto: A. Carrera).*
- Página 19: *Ladera acarcavada en Valleruela de Pedraza (Foto: A. Carrera).*
- Página 22: *Pliegue hercínico en la cantera de Las Suertes, Vegas de Matute (Foto: Andrés Díez).*
- Página 38: *Sierra de Quintanar (Foto: A. Carrera).*
- Página 55: *Berrocal de Ortigosa del Monte (Foto: A. Carrera).*
- Página 58: *Modelo Digital de Elevaciones de la provincia de Segovia, elaborado por Pablo Veyrat.*
- Página 64: *Garganta del río Moros, El Espinar (Foto: A. Carrera).*
- Página 66: *Campiñas de Castilnovo (Foto: A. Carrera).*
- Página 81: *Canchal de la Pedrosa (Foto: A. Carrera).*
- Página 84: *El macizo de Peñalara desde la vertical de La Atalaya (Foto: Justino Díez).*
- Página 100: *Sierra de Quintanar (Foto: A. Carrera).*
- Página 126: *Bloque montañoso de La Atalaya (Foto: A. Carrera).*
- Página 134: *Valle del Alto Eresma, o Valsain (Foto: A. Carrera).*
- Página 150: *Piedemonte granítico, en las inmediaciones de El Espinar (Foto: Justino Díez).*
- Página 186: *Lastras y cuestras arenosas en el entorno de Valle de San Pedro (Foto: Justino Díez).*
- Página 232: *La Serrezuela, coronada por Peñacuerno; al fondo se divisan las campiñas y la sierra de Guadarrama (Foto: A. Carrera).*
- Página 240: *Macizo de Monterrubio, culminado por la Charcayuela (Foto: Justino Díez).*
- Página 252: *Meandro en las hoces del río Duratón (Foto: A. Carrera).*
- Página 266: *Campiñas de la fosa 'terciaria' de Valverde del Majano (Foto: A. Carrera).*
- Página 288: *Llanos al norte de Fuentemilanos (Foto: Andrés Díez).*
- Página 294: *Páramos en las inmediaciones del río Duratón, en El Vivar de Fuentidueña (Foto: A. Carrera).*
- Página 304: *El río Cega atraviesa la Tierra de Pinares (Foto: Justino Díez).*
- Página 316: *Cañón del río Polendos en Quintanar (Foto: Justino Díez).*
- Página 331: *Construcciones en Madriguera (Foto: A. Carrera).*
- Página 334: *Inmediaciones de Caballar (Foto: Justino Díez).*
- Página 356: *Caleras de Vegas de Matute (Foto: A. Carrera).*
- Página 424: *Canchal de La Pedrosa en invierno (Foto: A. Carrera).*
- Página 450: *Vista aérea oblicua del entorno de San Ildefonso (Foto: A. Carrera).*
- Página 456: *Barrancos sobre las campiñas de Carbonero de Ahusín (Foto: A. Carrera).*

Índice de localidades

Relación de los núcleos de población de la provincia de Segovia, ordenados alfabéticamente por términos municipales, con indicación de los números de las páginas donde aparecen referidos (tipografía normal), especialmente citados (**tipografía negrita**), o sin referencia expresa pero sí a la unidad de paisaje en la que se ubican (*tipografía cursiva*).

Abades 53, **290**, 292
Adrada de Pirón 180
Adrados 299
Aguilafuente 209, **250**, 325, 326, 341
Alconada de Maderuelo 267
· Alconadilla 267
Aldealcorvo 267
Aldealengua de Pedraza 46, 47, 48
· Ceguilla 46, 47, 48, **94**, 346
· Cotanillo 151
· Galíndez 184
· Martincano 151
Aldealengua de Santa María 267, 280
Aldeanueva de la Serrezuela 32, 33, 52, **234**, **235**, 279, 299, 374, 382
Aldeanueva del Codonal 374
Aldea Real 416
Aldeasoña 299
Aldehorno 299
Aldehuela del Codonal 267
Aldeonte 267
· El Olmillo 267
Anaya 319, 320
Añe 42, 50
Arahuetes 184, 222, 226
· Pajares de Pedraza 180, 226, 348
Arcones 30, 76, 114, 187, 188, 209, **215**, 216, 220, 222, 339, 346, 387, 397, 398, 399, 404, 408
· Arconillos 216
· Castillejo 216
· Colladillo 151
· Huerta 180, 216, 346, 385, 387, 397, 398, 399
· La Mata 215, 216
Arevalillo de Cega 209, 318
Armuña 15, 30, 36, 37, **196**, **197**, 209, 225, **245**, 247, 380, 407
· Carbonero de Ahusín 267, 269
Ayllón 53, 66, 267, 280, 281, **282**, 373, 374, 382, 383, 384, 386, 387, 402, 413, 416
· Estebanvela 28, 52, 53, 208, **280**, 281, 282, 382
· Francos 53, 208, 209, 216, 217, **280**, 281, 282
· Grado del Pico 32, 52, 95, **131**, **132**, 133, 151, 208, 235, 280, 281, 301, 428,
· Saldaña de Ayllón 267, 317
· Santa María de Riaza 267
· Santibáñez de Ayllón 28, 52, 131, 235, 280, 281, 284, 285, 286, 287
· Valvieja 267, 276, 280
Barbolla 267
· El Olmo 269
Basardilla 404, 405, 410
Bercial 50, 53, 293
Bercimuel 43, 53, 388, **402**, **403**, 432
Bernardos 25, 50, 52, 180, 247, 317, 318, 323, 343, **394**, **395**, 408, 414

Bernuy de Porreros 30, 41, 191, 226, 360, 373, 378, 379, 385, 398
Boceguillas 267
· Aldeanueva del Campanario 267
· Turrubuelo 267, 276
Breva 180, 219, **223**
Caballar 190, 220, 226, 301, 340, 341, 373, 403, 418, **420**
Cabañas de Polendos 230
· Agejas 267
· Mata de Quintanar 42, 409
Cabezuela 409
Calabazas de Fuentidueña 299
Campo de San Pedro 44, 137, 267, 403
· Barrio de Abajo 267
· Fuentemizarra 267
· Valdevarnés 267
Cantalejo **306**, 312, 341, 387, 404, 405, 406
· Aldeonsancho 267
· Valdesimonte 341
Cantimpalos 53, 79, 269, 364
Carbonero el Mayor 35, 41, 42, 180, 191, 208, 225, 269, 318, 319, 373, 406
· Fuentes 247
Carrascal del Río 45, 233, 249, 254, **314**, 388, 409
· Burgomillodo 96, 233, 249, 254, 258, **314**, 315, 318, 343, 388
Casla 77, 216, 222, 226, 383, 398, 399
Castillejo de Mesleón 53, 267, 269, 277, 320
· Sotos de Sepúlveda 49, 318
Castro de Fuentidueña 236
Castrojimeno 15, 36, 37, 52, 194, 199, 233, **236**, **237**, 371
Castroserna de Abajo 209, 301, 416, 421
Castroserracín 233, 236
Cedillo de la Torre 403
Cerezo de Abajo 44
· Mansilla 267
Cerezo de Arriba 277, 382, 383, 385, 386, 387
· La Pinilla 16, **102**, **104**, **105**, 106, **107**, 278, 339
Chañe 307, 423
Cilleruelo de San Mamés 267
Cobos de Fuentidueña 317
Coca 43, 44, 49, 53, 199, **302**, **303**, 306, 309, 311, 313, 323, 343, 360, 373, 374, 375, 383, 403, 406
· Ciruelos de Coca 306
· Villagonzalo de Coca 306, 309
Codorniz 364, 412, 413
· Montuenga 267
Collado Hermoso 101, 108, 112, **138**, 411
Condado de Castilnovo 42, 43
· La Nava 267
· Torrecilla 267
· Valdesaz 226
· Villafranca 267
Corral de Ayllón 267, 293
Cozuelos de Fuentidueña 299
El Cubillo 76, 184, 222, 226
Cuéllar 43, 44, 53, 208, 212, 295, **296**, 299, 314, 342, 351, 372, 373, 383, 386, 404, 405, 406, 407, 426
· Arroyo de Cuéllar 307

· Campo de Cuéllar 307
 · Chatún 305
 · Dehesa de Cuéllar 295
 · Dehesa Mayor 295
 · Escarabajosa de Cuéllar 295
 · Fuentes de Cuéllar 299
 · Lovingos 299
 · Torregutiérrez 295
 Cuevas de Provanco 53, 299
 Domingo García 23, 28, 52, 246, 375, 394, 406, 408, 409, **414**
 Donhierro 383
 Duruelo 267
 · Los Cortos 267
 Encinas 267
 Encinillas 36, 53, 403
 Escalona del Prado 274, 417
 Escarabajosa de Cabezas 53, 289
 Escobar de Polendos 410
 · El Parral de Vilovela 230
 · Peñasrubias de Pirón 226, **230, 231**, 358
 · Pinillos de Polendos 230, 231
 · Vilovela de Pirón 42, 49, 318
 El Espinar 30, 41, 52, 108, 127, 130, 135, 136, **138**, 139, 141, 372, 384, 385, 386, 396, 411, 422, 428
 · Los Ángeles de San Rafael 159, 180, 244, 393
 · La Estación de El Espinar 135, 136
 · Gudillos 138
 · Prados 41, 135, **138**, 141
 · San Rafael 41, 75, 95, 141, 383, 384, 386, 387, **396, 397**
 Espirido 180, 188, 191, 220, 221, 226, 348, 360, 367
 · La Higuera 180, 220, 223, 226
 · Tizneros 151
 Fresneda de Cuéllar 305
 Fresno de Cantespino 277
 · Cascajares 267
 · Castiltierra 267
 · Cincovillas 267, 276
 · Gomeznarro 267, 276
 · Pajares de Fresno 267, 276
 · Riahuelas 267, 317
 Fresno de la Fuente 267
 Frumales 44, 299, 306
 Fuente de Santa Cruz 289, 423
 Fuente el Olmo de Fuentidueña 299
 · Los Valles de Fuentidueña 16, 44, **302, 303**, 431
 Fuente el Olmo de Íscar 289, 307
 Fuentepelayo **250**, 306, 364, 369, 408, 454
 Fuentepiñel 295, 299
 Fuenterebollo 307
 Fuentesauco de Fuentidueña 299
 Fuentesoto 47, 299, 416
 · Tejares 216
 Fuentidueña 44, 49, 208, 209, 254, 255, 295, 299, **300**, 302, 360, 402, 414, 416, 430
 Gallegos **184, 185**, 222, 346, 455
 Garcillán 289, **290**, 292
 Gomeserracín 307
 Grajera 402
 Honrubia de la Cuesta 29, 32, 33, 34, 52, 63, 79, 208, 234, 235, 299, 374, 386, 430, 431
 Hontalbilla 44, 299, 306
 Hontanares de Eresma 53, 268, 269, 317, 326
 · La Estación 317
 Los Huertos 44, 79, 325, 360, 404, 411
 Ituero y Lama 36, 52, 156, 162, 173, 188, 208, 222, 223, 243, 244, **267**, **268**, 269, 270
 Juarros de Riomoros 50
 Juarros de Voltoya 394
 Labajos 267, 293
 Laguna de Contreras 299
 · Vivar de Fuentidueña 402
 Languilla 280, 281, 299
 · Mazagatos 53, 281
 Lastras de Cuéllar 41, 120, 180, 208, 220, **306**, 309, 312, **325**, 326, 341, 351, 412, 414, 418
 Lastras del Pozo 208, 220, 240, 412
 La Lastrilla 202, 220, 348, 372, 378, 379, 380, 412
 · El Sotillo 376
 La Losa 130, 153, 159, 161, 170, 216, 301, 343, 360, 372, 378, 379, 387, 411, 412, 416, 417
 Maderuelo 36, 43, 44, 199, 262, 265, 299, 318, 360, 373, 382, 388, 401, 402, 403, 430
 · Maluque 267, 295
 Marazoleja 267
 Marazuela 50
 Martín Miguel 290, 292
 Martín Muñoz de la Dehesa 267
 Martín Muñoz de las Posadas 267
 Marugán 242, 292
 · Pinar Jardín 267
 Matabuena 222
 · Cañicosa 151, 346
 · Matamala 222
 Mata de Cuéllar 299, 423
 La Matilla 226, 364
 Melque de Cercos 267, 305
 Membibre de la Hoz 295
 Migueláñez 394, 409
 Montejo de Arévalo 411
 Montejo de la Vega de la Serrezuela 44, 52, 53, 208, **262**, 265, 299, 303, 358, 411
 Monterrubio 30, 41, 63, 78, 79, 173, **242, 243**, 244, 364, 387, 388
 Moral de Hornuez 35, 52
 Mozoncillo 326, 387
 Muñopedro 292, 293, 387
 · Moñibas 267
 · Peromingo 267
 Muñoveros 387
 Nava de la Asunción 44, 46, 53, 306, 310, **311**, 416
 · Moraleja de Coca 267, 305
 Navafria 16, 30, 31, 48, 52, 75, 77, 85, 86, 89, 94, 95, **102, 103, 104, 108**, **109**, 110, 111, 112, 114, 120, 135, 148, 151, 180, 346, 360, 385
 Navaila 306
 Navalmanzano 306, **311**, 341

Navares de Ayuso 385, 404, 406
 Navares de Enmedio 267
 Navares de las Cuevas 209, 373
 Navas de Oro 45, 306, 310, **311**, 312, 314, 317, 374, 388
 Navas de Riofrío 180
 Navas de San Antonio 75, 130, 151, 158, 164, 165, 169, 170, 173, 175, 346, 411
 Nieva 411
 Olombrada 299, 430
 · Moraleja de Cuéllar 299
 · Vegafría 299
 Orejana 35, **188**, 190, 218, **219**, 220, 221, 269, 270, 364, 404
 · La Alameda 218, 220
 · El Arenal 52, 188, 218, 219, 220, 412
 · Orejanilla 218, 219, 221
 · La Revilla 218, 360
 · San chopedro 180, 218, 219, 346, 387, 397
 Ortigosa de Pestaño 247, 394, 406
 Ortigosa del Monte 30, 77, 151, 153, 156, 159, 160, 161, 226, 243, 343, 372, 378, 379, 380, 393, 416, 422
 Otero de Herreros 26, 30, 101, 339, 372, 378, 379, 382, 383, 384, 385, 387, **389**, **390**, **391**, **392**, **393**, 398, 399
 · La Estación 151
 Pajarejos 403
 Palazuelos de Eresma 108, **110**, **119**
 · Parque Robledo 151
 · Peñas del Erizo 151
 · Quitapesares 151
 · Tabanera del Monte 151
 Pedraza 15, 35, 37, 48, 49, 76, 184, 185, 188, 190, 199, 207, 208, 209, 210, **212**, **213**, **214**, 218, **219**, 220, 221, 226, 269, 271, 340, 344, 348, 354, 360, 364, 369, 382, 385, 386, 388, 398, 409, 412, 426
 · Rades de Abajo 398
 · Rades de Arriba 398
 · La Veilla 180, 218, 219, 226, 354, 388
 Pelayos del Arroyo 346
 · Tenzuela 151
 Perosillo 299
 Pinarejos 307
 Pinarnegrillo 306, 341, 394
 Pradales 32, 40, 52, 235, 299, 374
 · Carabias 34, 52, 190
 · Ciruelos 234
 Prádena 28, 35, 37, 49, 76, 77, 187, 188, 207, **208**, **209**, **210**, **212**, 222, 226, 301, 339, 387, 397, 398, 399
 · Castroserna de Arriba 218, 226
 · Matandrino 151
 · Pradenilla 187
 · Villar 151
 Puebla de Pedraza 267
 Rapariegos 267
 Rebollo 267
 Remondo 423
 Riaguas de San Bartolomé 267, 317
 Riaza 29, 45, 53, 76, 77, **121**, 151, 267, 277, 279, 360, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 411, 421, 422, 431
 · Aldeanueva del Monte 267, 276
 · Alquité 365, 368
 · Barahona de Fresno 267
 · Becerril 27, 52, 180, 339, **365**, 366, 367, 385, 386, 387
 · El Muyo 27, **365**, **366**, 367, 387
 · El Negrodo **365**, **367**, 382, 404
 · Madriguera 53, **365**, 367, 368, 374, 375, 382, 404
 · Martín Muñoz de Ayllón **365**, **368**
 · Serracín 27, 28, **365**, 366, 367, 386, 387
 · Villacorta **365**, 367, 386
 Ribota 277
 · Aldealázaro 267, 276
 Riofrío de Riaza 262, 277
 Roda de Eresma 23, 79, 382
 Sacramenia 44, 208, 295, 299, 373, 403, 416
 Samboal 305
 · Narros de Cuéllar 307
 San Cristóbal de Cuéllar 299
 San Cristóbal de Segovia 151
 San Cristóbal de la Vega 360
 Sanchonuño 53, 306, 307, 312
 Sangarcía 267
 · Cobos de Segovia 292
 · Etreros 292
 · Velagómez 267
 San Ildefonso (La Granja) 30, 41, 45, 47, 48, 52, 95, 108, 110, **111**, 112, 127, 135, 191, 372, 378, 379, 387, 395, 400, 422, 427, 428
 · La Pradera de Navalhorno 142
 · Riofrío 222, 372, 375, 395
 · Valsain 41, 75, 95, 120, 135, **142**, **143**, 146, 148, 243, 352, 372, 395, 416, 429
 San Martín y Mudrián 306
 · Mudrián 312
 · San Martín 305
 San Miguel de Bernuy 49, 233, 254, 255, 318, 383
 San Pedro de Gaillos 388
 · Aldealafuente 267
 · Aldearaso 267
 · Rebollar 267
 · La Ventosilla 267
 Santa María la Real de Nieva 23, 25, 29, 41, 52, 247, 374, 375, 376, 411, 414, 431, 432
 · Aragoneses 247
 · Balisa 29, 30, 241, 246, 372, 374, 404, 408, 410, 416
 · Hoyuelos 23, 28, 52, 407, 408
 · Jemenuño 290, 292
 · Laguna Rodrigo 290, 292, 455
 · Miguel Ibáñez 414
 · Ochando 23, 246, 406
 · Paradinas 374
 · Pascuales 246, 247
 · Pinilla-Ambroz 245, **246**, 404, 414
 · Santovenia 292
 · Tabladillo 50, 247, 404
 · Villoslada 292
 Santa Marta del Cerro 267
 Santiuste de Pedraza 328
 · Chavida 151

· La Mata 151
 · Requijada 411
 · Urbanos 151
 Santiuste de San Juan Bautista 306, 418, 423
 · Bernuy de Coca 267
 Santo Domingo de Pirón 346
 Santo Tomás del Puerto 97, 151, 293
 · La Rades del Puerto 97, 180
 · Rosuero 151
 · Sigüero 42, 43, 76, 97, 180, 318, 340
 · Sigüero 97
 · Villarejo 97
 Sauquillo de Cabezas 341
 Sebúlcor 411
 Segovia 15, 23, 28, 29, 33, 35, 36, 37, 42, 43, 44, 45, 47, 49, 52, 75, 95,
 120, 157, 180, 187, 188, 190, 191, 192, 193, 195, 196, **198, 199,**
200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 220, 222, 226,
 237, 249, 301, 318, 323, 325, 348, 358, 360, 369, 370, 371, 372,
 373, 374, 375, **376,** 378, 379, 380, 381, 383, 384, 385, 386, 395,
 400, 405, 408, 409, 416, 420, 421, 426, 429, 430, 431
 · Fuentemilanos 290, **293,** 453
 · Hontoria 29, 35, 36, 52, 188, 190, 191, **192, 193, 194, 195,** 208, 273
 · Madrona 15, 36, 37, 42, 53, 192, 193, 195, 196, 197, 208, 209, 216,
 222, 226, 301, 325, 326, 343, 373, 418
 · Perogordo 273
 · Revenga 23, 76, 77, 151, 360, 383, 386, 393, 411
 · Las Serillas 187
 · Torredondo 267, 273, 274
 · Zamarramala 220, 373
 Sepúlveda 15, 33, 35, 36, 37, 40, 41, 47, 49, 52, 66, 79, 96, 195, 199,
 208, 210, 212, 218, 236, 237, **248, 249,** 257, 260, 261, 301, 318,
 323, 341, 342, 360, 373, 382, 383, 384, 386, 405, 407, 410, 414,
 416, 421, 422, 427
 · Aldehuelas de Sepúlveda 373
 · Castrillo de Sepúlveda 411
 · Consuegra de Murera 241, 248
 · Duratón 53, 371
 · Hinojosas del Cerro 241, 248
 · Perorrubio 214
 · Santa Cruz 248, 260
 · Tanarro 267
 · Vellosillo 267
 · Villar de Sobrepeña 36, 220, 249, 260, 323, 373, 422
 · Villaseca 220, 422
 Sequera de Fresno 278
 Sotillo 267
 · Alameda 267, 317
 · Aldehuela 267, 317
 · Fresneda de Sepúlveda 267
 Sotosalbos 75, 77, 151, 346
 Tabanera la Luenga 43
 Tolocirio 267, 305
 Torreadrada 33, 52, 208, 387
 Torrecaballeros 52, 75, 360, 372, 378, 379
 · Aldehuela 151
 · Cabanillas del Monte 404
 · La Torre 151
 Torrecilla del Pinar 299
 Torreiglesias 76, 208, 209, 216, 219, 220, **224,** 225, **226,** 229, 231, 244,
 301, 336, 341, 383
 · Losana de Pirón 180, 207, 341, 346
 · Otones de Benjumea **274**
 Torre Val de San Pedro 76, 138, 220, 221, 346
 · La Salceda 86, 135, 136, 138, 140
 · Valle de San Pedro 220
 Trescasas 360
 · La Atalaya 151
 · Sonsoto 151
 Turégano 53, 325, 374
 · Aldeasaz 346
 · Berrocal 346, 412
 · Carrascal 151
 · La Cuesta 30, 244, 346, 360, 405, 407, 409
 Uruñeas 249, 411
 Valdeprados 41, 42, 43, 53, **180, 181, 182,** 208, 249, 389, 390
 · Guijasalvas 226, 318, 406, 412
 Valdevacas de Montejo 188, 265
 Valdevacas y Guijar 151, 187
 · El Guijar 406, 412
 · Valdevacas 187
 Valle de Tabladillo 36, 37, 195, 233, 237, **238, 239,** 249, **400, 401,** 422
 · Barrio de Arriba 233, 238
 Valledado 299, 423
 Valleruela de Pedraza 189, 191, 220, 221, 403
 · Berzal 187, 219
 · Tejadilla 190, 403
 Valleruela de Sepúlveda 220, 221
 · La Fuente 187, 219
 Valseca 30, 41, 191, 222, 237, 268, 269, 378, 379, 388, 398, 403, 409
 Valtiendas 45, 209, 279, 299, 388, 403
 · Caserío de San José 216
 · Pecharromás 388, 403
 Valverde del Majano 44, 49, 274, 290, **318, 319, 320,** 325, 326, 360, 407,
 421
 Veganzones 318, 325
 Vegas de Matute 29, 36, 42, 52, 130, 141, **174, 175, 183,** 191, 196, 208,
 222, 226, 244, 249, 365, 383, 393, 409
 Ventosilla y Tejadilla 249
 · Las Casas Altas 187
 · Tejadilla 151, 187
 · Ventosilla 249
 Villacastín 49, 52, 66, 76, 93, 128, 129, 130, 153, 155, 159, 162, 164,
 167, 173, 174, 207, 236, 369, 372, 374, 384, 386, 387, 404, 406,
 407, 408, 409, 411
 Villaverde de Íscar 306, 404, 423
 Villaverde de Montejo 265, 414
 · Villavilla de Montejo 386
 Villeguillo 44, 303, 306, 309
 Yanguas de Eresma 50
 · San Pedro 267, 317
 Zarzuela del Monte 53, 78, 130, **156, 158, 159, 162, 164, 165, 166, 167,**
168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 181, 184, 243, 354, 369,
 386, 393
 Zarzuela del Pinar 30, 41, 63, 79, 108, **250, 251,** 341, 364

