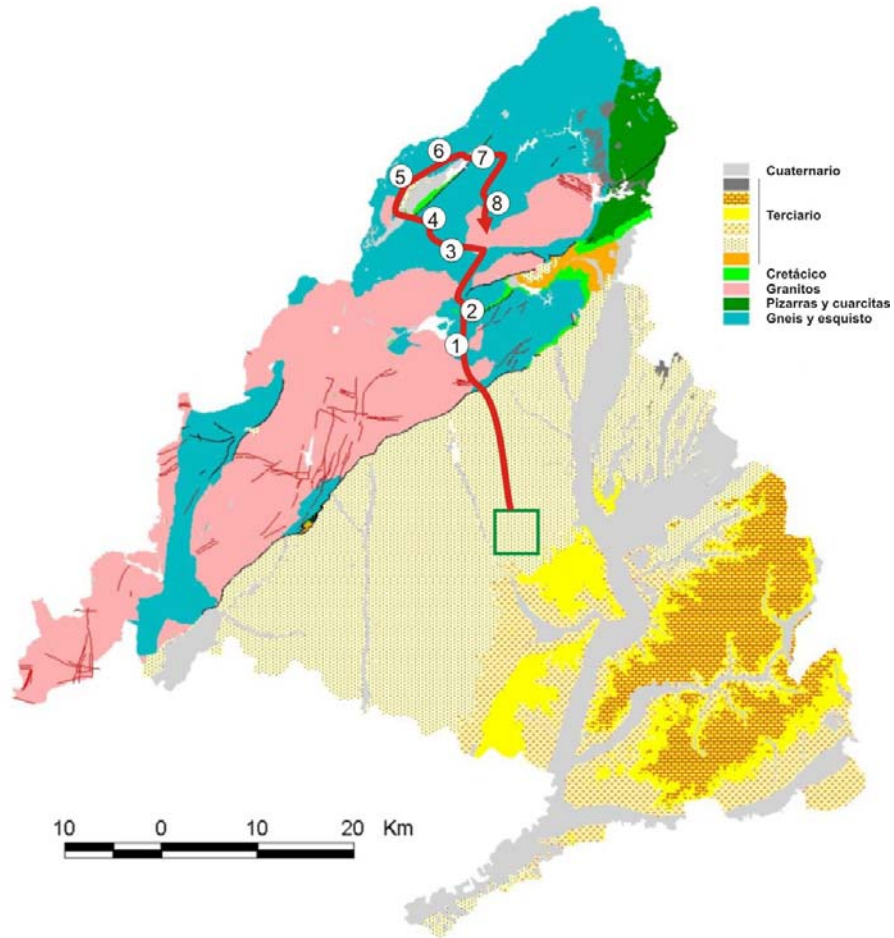


Paseos por la Geología Madrileña. 5

Itinerario geológico por el noroeste de la Comunidad de Madrid



Instituto Geológico y Minero de España



2008



CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN
Comunidad de Madrid
www.madrid.org



Guía de campo

Este **Itinerario geológico por el noroeste de la Comunidad de Madrid** ha sido realizado por:

Enrique Díaz, Fabián López, Jerónimo Matas, Luis Miguel Martín Parra y Francisco Nozal

Instituto Geológico y Minero de España

Calera, 1

28760 Tres Cantos, Madrid

Tel.: 917287235

Fax: 917287202

E-mail: e.diaz@igme.es

Esta guía ha sido elaborada para la excursión de la VIII Semana de la Ciencia (15 de Noviembre de 2008). Si quieres difundir esta guía, puedes hacerlo, siempre citando la fuente. Nuestro objetivo es divulgar la geología de Madrid, y que se conozca y proteja el patrimonio natural geológico.

Para cualquier duda o consulta de información, contacta con nosotros en la dirección indicada arriba. Y también si observas algo que deba ser modificado o pueda ser mejorado. Gracias de antemano.

© Instituto Geológico y Minero de España, 2008

Las fotos aéreas se han obtenido de sistemas de información geográfica de acceso público disponibles en las direcciones indicadas en la página 39.

Itinerario geológico por el noroeste de la Comunidad de Madrid

Paseos por la Geología Madrileña, nº 5

Índice

Introducción	4
Objetivos y conceptos generales	5
Geología de Madrid	7
Un poco de historia	10
Descripción del recorrido	13
Geología del itinerario.....	14
Parada 1	16
Parada 2	19
Parada 3	22
Parada 4	25
Parada 5	28
Parada 6	31
Parada 7	33
Parada 8	37
Para saber más (mapas geológicos y fotos aéreas).....	39
Glosario.....	40
Bibliografía	44
Escala del tiempo geológico	47

Introducción

Esto que tienes en tus manos es la guía de campo para realizar un paseo por la geología del noroeste de la Comunidad de Madrid. Se trata de un recorrido para realizar en vehículo, con paradas en puntos de especial interés geológico para conocer las principales rocas y sedimentos que forman el sustrato de la Comunidad de Madrid, y para comprender cómo influye cada tipo de roca en la formación del paisaje que vemos.



Figura 1: El entorno de Peñalara, la cumbre más alta de la Comunidad de Madrid, en invierno. La nieve acentúa las diferencias entre el sustrato rocoso y los sedimentos de morrenas glaciares.

El itinerario se puede realizar en cualquier época del año, aunque en invierno, para no llevarnos una sorpresa, deberemos comprobar antes si los puertos de la Morcuera y de Canencia están abiertos o no, y en otoño y primavera convendrá ir preparados para un tiempo cambiante.

La excursión está orientada al público en general, especialmente si estás interesado en geología y geomorfología, y en aprender el porqué del paisaje que ves y de la estructura subyacente que lo origina. ¿De qué está hecha la cumbre de Peñalara? ¿Y los sedimentos que arrastra el río Manzanares? Desde la montaña más alta hasta el valle más profundo, la Comunidad de Madrid está formada por multitud de rocas y minerales, unos más duros y resistentes, otros más blandos y deleznales. ¡Por eso hay montañas y valles! El relieve que vemos siempre tiene una explicación, y como comprobaremos en esta excursión, esa explicación casi siempre hay que buscarla en las *rocas* y *sedimentos** del sustrato geológico.

Como vemos en algunos edificios de Madrid, la piedra de *granito* con que están hechos es muy dura. Pero esta *roca* no siempre es así. En la excursión comprobaremos cómo a veces el *granito* puede no ser tan resistente, incluso que puede desmoronarse con solo tocarlo. Para comprender porqué, veremos de qué está hecho el *granito*, y que hay varios tipos. ¡No todos los *granitos* son iguales! Además, veremos cómo se altera con las inclemencias del tiempo, y qué pasa cuando el agua de lluvia lo erosiona. ¿A dónde van a parar sus *minerales*? Descubriremos qué pasa con ellos, y cómo los podemos encontrar por todos lados, incluso se meten dentro de nuestras propias casas, ¡y a veces es muy difícil deshacerse de ellos!

* Las palabras en cursiva están explicadas en el **Glosario**, al final de esta guía.

Objetivos y conceptos generales

Los objetivos que esperamos conseguir con este itinerario geológico son:

- conocer las principales *rocas* y *sedimentos* que forman el sustrato geológico de la Sierra de Guadarrama y su entorno más próximo.
- comprender cómo influye cada tipo de *roca* en la formación del paisaje.
- conocer su importancia como recurso natural y su influencia en las actividades humanas.

Para conseguir estos objetivos solo necesitas mantener los ojos bien abiertos, y los oídos bien atentos a las explicaciones durante la excursión.

Si tienes alguna duda, pregunta. Y cuando hagamos una parada con el autobús, te recomendamos tocar las *rocas* y *sedimentos*, cogerlos, mirarlos con la lupa, y a veces... ¡incluso chuparlos o morderlos!

Luego, mira a tu alrededor, observa el paisaje, y piensa... ¿porqué es así?

Cuando termine la excursión podrás responder a éstas y otras preguntas:

- ¿De qué está hecho el pico Peñalara? ¿Porqué es el más alto de la Comunidad de Madrid?
- ¿De qué están hechas La Pedriza de Manzanares, o la Sierra de La Cabrera? ¿Porqué tienen esas formas redondeadas?
- ¿Cuál es la *roca* más antigua de la Comunidad de Madrid? ¿Dónde está?
- ¿De qué están hechos la mayor parte de los *sedimentos* del río Manzanares? ¿Porqué tienen esa composición y no otra?
- ¿Qué *minerales* de la Sierra de Madrid puedo encontrar en el agua del grifo? ¿Y en las estanterías de mi habitación?

Pero antes de enfrentarnos con la cruda realidad rocosa, conviene dejar claros algunos conceptos previos, no vaya a ser que luego nos liemos. ¿Sabes lo que es una *roca ígnea*? ¿Y una *caliza*? Por si acaso, al final de esta guía encontrarás un pequeño glosario, pero para entender lo que es cada cosa siempre es mucho mejor verla en vivo y en directo. Como dice el refrán: "Ojos que no ven, corazón que no siente". Para eso has venido a la excursión, ¿no? Y recuerda: si tienes dudas, pregunta.

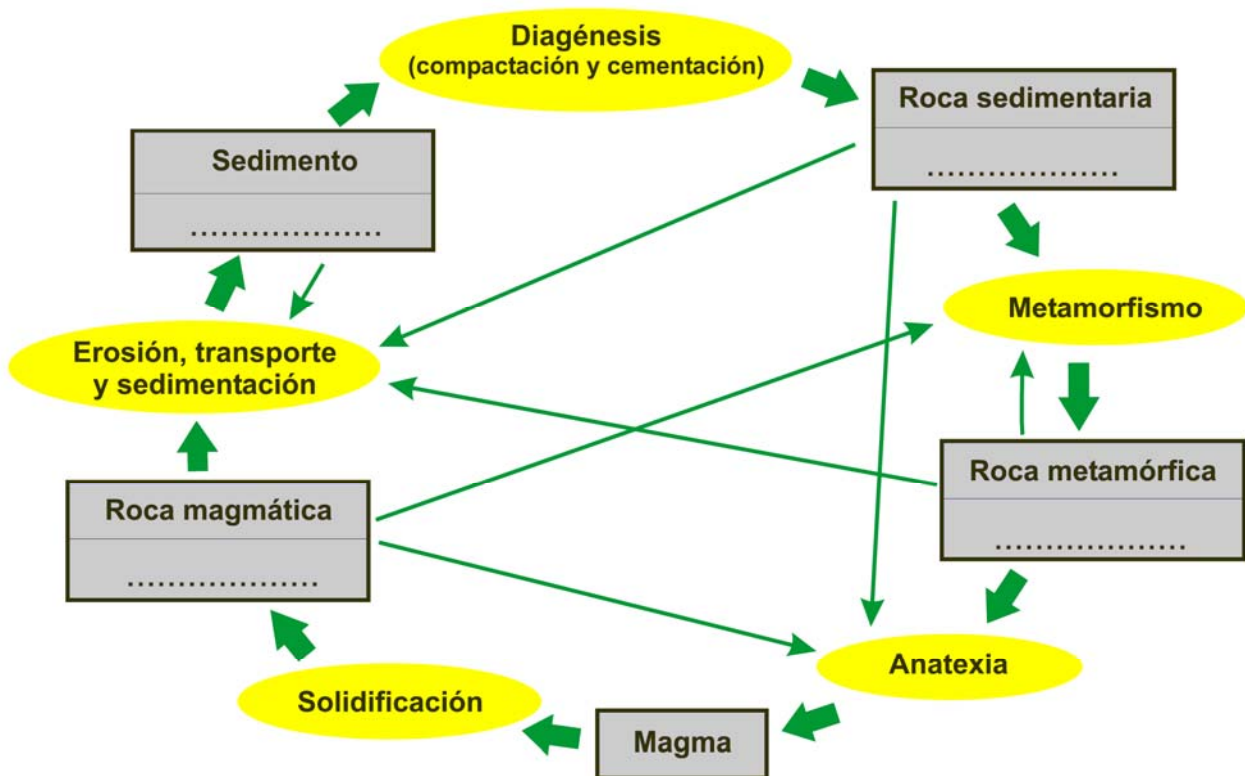
Elemento	Símbolo químico	Porcentaje del peso de la corteza terrestre
Oxígeno	O	46.60
Silicio	Si	27.72
Aluminio	Al	8.13
Hierro	Fe	5.00
Calcio	Ca	3.63
Sodio	Na	2.83
Potasio	K	2.59
Magnesio	Mg	2.09

Ahora, veremos cómo todas las *rocas* están relacionadas unas con otras en lo que se conoce como **el ciclo de las rocas**. Si clasificáramos todas las *rocas* y *minerales* que hay en la Comunidad de Madrid, podríamos encontrar docenas de tipos diferentes, pero siempre con una característica en común: la mayoría está hecha de tan solo 8 elementos químicos, que son precisamente los más abundantes en la corteza terrestre, el suelo donde pisamos. En la excursión veremos cómo la forma de agruparse de estos elementos origina diferentes minerales y rocas que, al final, son los que dan lugar al paisaje que vemos. Bueno, también

hay otros factores, pero tendrás que ir descubriéndolos.

Todas las rocas que existen actualmente en la superficie de la Tierra están hechas del mismo material con que estaban hechas las rocas en la época de los dinosaurios hace más de 65 millones de años, o cuando aparecieron los primeros animales hace unos 600 millones de años. Los elementos que componen las rocas son los mismos, pero las rocas no, porque han ido cambiando. Durante todos estos millones de años, de forma lenta pero continua, las rocas se van modificando, reciclándose y convirtiéndose en otras rocas. El culpable de todo este continuo reciclado de materiales es el movimiento de las placas tectónicas. La Península Ibérica es una de estas placas que forman la corteza terrestre, una placa pequeña pero importante para nosotros... ¡Viajamos encima!

En el gráfico de abajo puedes ver cómo se pasa de unas rocas a otras con el tiempo y la acción de los procesos geológicos: alteración física y química, erosión, transporte, sedimentación, enterramiento, transformaciones por aumento de presión y temperatura en el interior de la Tierra (diagénesis, metamorfismo), etc. Para algunos cambios se necesita mucho, pero que muuuucho tiempo. En cambio, otros procesos pueden durar tan solo unos segundos.



Los espacios en blanco podrás rellenarlos durante la excursión, con los nombres de las rocas que iremos viendo.

Geología de Madrid

Las Sierras de Guadarrama y Somosierra se encuentran en la franja noroeste del territorio de la Comunidad de Madrid y forman parte del Sistema Central (puedes verlo en la Figura 2). El sustrato geológico de esta zona está formado por rocas muy diversas (magmáticas, metamórficas y sedimentarias) caracterizadas por su gran antigüedad (Paleozoico y Mesozoico). Las rocas más antiguas son los gneises, mármoles y esquistos (azul en la Figura 2). En algunos casos, la edad de estas rocas metamórficas puede superar los 500 millones de años, transcurridos desde su formación original como sedimentos en el fondo de un mar. Les siguen en antigüedad las pizarras y cuarcitas del norte de la Comunidad (verde oscuro en la Figura 2), rocas sedimentarias originalmente depositadas en el fondo de un océano durante el Ordovícico y Silúrico, cuando la Península Ibérica formaba parte del borde del supercontinente Gondwana, y que posteriormente sufrieron un metamorfismo menor que los esquistos y gneises. Los granitos de la Sierra de Guadarrama (rosa en la Figura 2) son rocas ígneas plutónicas que se formaron en el Carbonífero, durante la llamada Orogenia Varisca (antes también conocida como Hercínica), una época en la que se formaron relieves que obligaron al mar a retroceder. Las montañas formadas durante esta orogenia se fueron erosionando durante más de 200 millones de años hasta que, en el Cretácico, la zona central de la Península Ibérica (Madrid y Segovia) quedó más o menos plana y volvió a quedar cubierta por el mar. De esta forma, durante el transcurso de algunos millones de años, casi hasta el final del Cretácico, se sedimentaron arenas, calizas y dolomías en las costas y mares tropicales que existían entonces en la Comunidad de Madrid. Las extensas capas que se depositaron en el fondo de este mar durante el Cretácico fueron después plegadas y fracturadas al levantarse el Sistema Central en el Cenozoico (Orogenia Alpina). Actualmente, podemos ver algunos restos de estas rocas marinas en pequeñas franjas adosadas a los relieves principales (verde claro en la Figura 2; mira también la Figura 4).

Si no entiendes algún término, puedes buscarlo en el **glosario** o en la **escala del tiempo geológico**, al final de esta guía.

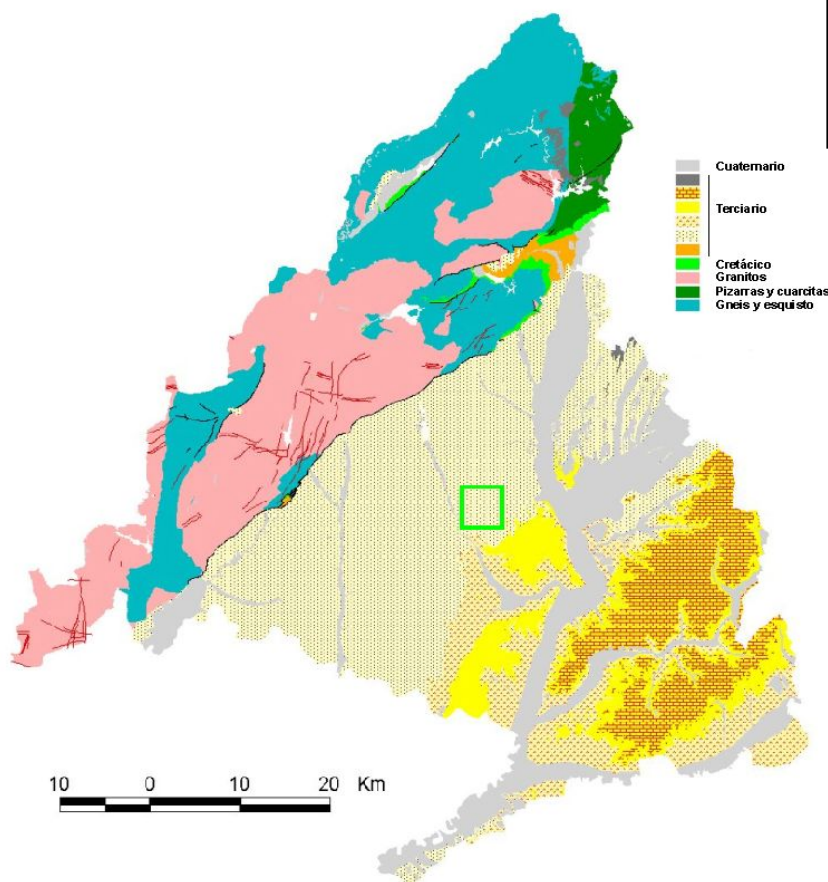


Figura 2: Esquema geológico de la Comunidad de Madrid.

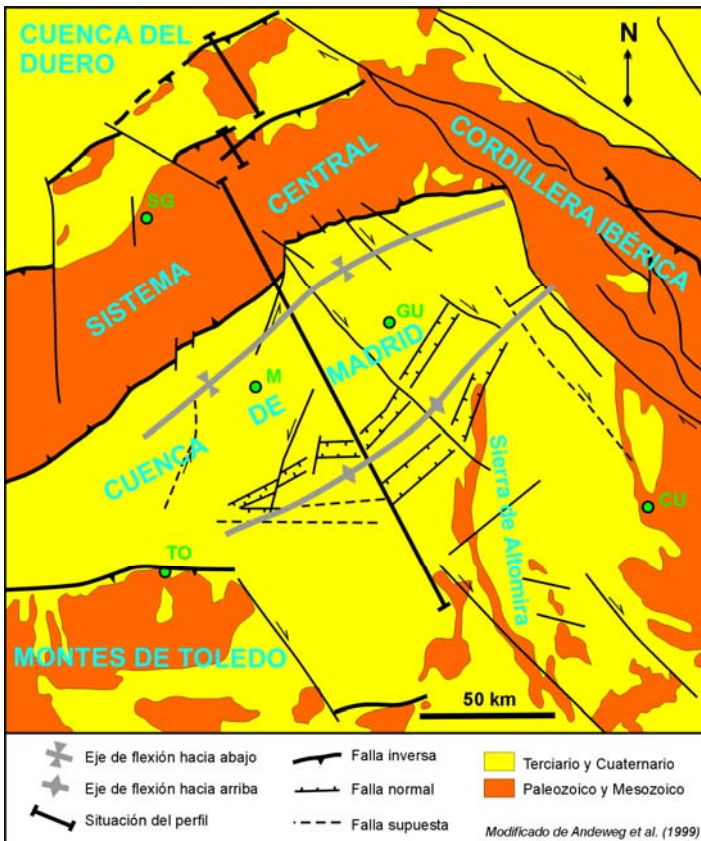


Figura 3: Principales estructuras tectónicas que afectan a la corteza terrestre en la zona central de la Península Ibérica. Las siglas se refieren a las capitales.

El movimiento continuo de las placas litosféricas que forman la corteza terrestre, y las colisiones entre esas placas, han generado las cordilleras y montañas. De ahí el nombre de orogenia, que significa origen del relieve, génesis de montañas. Las actuales alineaciones montañosas de la Península Ibérica -entre ellas el Sistema Central del norte y oeste de la Comunidad de Madrid- se formaron durante la Orogenia Alpina, que comenzó a finales del Cretácico, hace unos 80 millones de años. En la Península Ibérica, la Orogenia Alpina se debió a una doble colisión: por un lado, la colisión de la Placa Ibérica con la Placa Euroasiática para dar lugar a los Pirineos, Cordillera Cantábrica y Cordillera Ibérica, y por otro lado, la colisión de la Placa de Alborán con las Placas Ibérica y Africana para dar lugar a las Cordilleras Béticas y al Sistema Central por el norte y al Rif Marroquí por el sur. Después de la formación de estas montañas, en el Plioceno, hace unos 5 millones de años, tuvo lugar otra consecuencia de la Orogenia Alpina, el progresivo drenaje cada vez mayor de la Península Ibérica hacia el oeste, hacia el Océano Atlántico, de tal forma que las cuencas sedimentarias del Cenozoico que había en el interior de la península y que hasta entonces eran endorreicas (Duero y Tajo), empezaron a 'vaciar' hacia el oeste, estableciéndose la red de drenaje de las cuencas hidrográficas que vemos actualmente. Durante la Orogenia Alpina no sólo se elevaron cordilleras, sino que, al mismo tiempo, según se iban formando los nuevos relieves, éstos se erosionaban. Los torrentes y ríos que entonces, igual que ahora, bajaban de las montañas del Sistema Central, arrastraban sedimentos y, cuando cesaba el transporte, los sedimentos se depositaban y se iban rellenando las zonas bajas con dichos materiales. De esta forma, durante el Mioceno, en la región de Madrid existía una gran depresión o cuenca de sedimentación que se iba rellenando con los sedimentos procedentes de los sistemas montañosos que la rodeaban. En aquella época el clima era más cálido y árido que el actual, y los cursos fluviales que discurrían entre las montañas, al llegar a la zona llana de la cuenca formaban extensos abanicos aluviales con los materiales que transportaban. Como siempre ocurre en estos casos, los de mayor tamaño (gravas y arenas) se quedaban más cerca del área fuente, y los más finos (limos y arcillas) llegaban a las zonas lacustres, colmatándolas gradualmente. Además, los compuestos que se encontraban disueltos en el agua también llegaban a los lagos y dieron lugar a sales y evaporitas, llamadas así porque precipitan cuando se evaporan las aguas. Los seres vivos, fundamentalmente algas, bacterias y moluscos, también contribuyeron a la formación de rocas como las calizas.

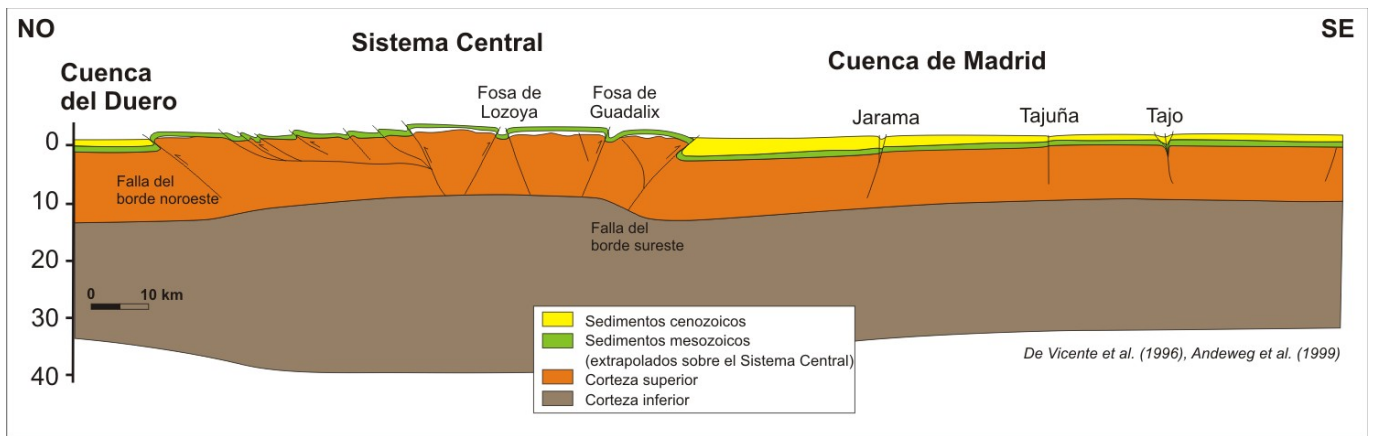


Figura 4: Corte geológico esquemático mostrando la estructura interna de la corteza terrestre en la zona central de la Península Ibérica. La situación del corte está indicada en la Figura 3.

Aproximadamente dos tercios de la Comunidad de Madrid forman parte de esta amplia cubeta sedimentaria que los geólogos llamamos la Cuenca de Madrid, limitada al norte y oeste por el Sistema Central (Gredos, Guadarrama, Somosierra), al este por la Sierra de Altomira, y al sur por los Montes de Toledo (mira la Figura 3). La misma ciudad de Madrid se encuentra inmersa en esta vasta depresión tectónica que estuvo recibiendo sedimentos de los relieves circundantes durante millones de años. Toda la zona centro y sureste de la Comunidad pertenece a la Cuenca de Madrid, y en ella podemos encontrar dos grandes grupos de formaciones geológicas. El primer grupo, el más antiguo, lo forman los sedimentos predominantemente aluviales y lacustres depositados durante el Terciario, que fueron rellenando la cuenca cuando ésta estaba cerrada y sin salida al mar (cuenca endorreica). El segundo grupo de materiales, que son los más recientes y con mucho menor espesor, está formado por sedimentos predominantemente fluviales depositados por los ríos desde el final del Plioceno hasta la actualidad. En su erosión remontante, el río Tajo alcanzó la Cuenca de Madrid por el oeste y empezó a llevarse los sedimentos de esta zona al Océano Atlántico (cuenca exorreica), igual que lo hacen actualmente, dando lugar a las morfologías que ahora vemos.

El sustrato de la franja central de la Comunidad de Madrid está compuesto por arcosas y conglomerados del Mioceno (amarillo con gris en la Figura 2), originalmente depositados en abanicos aluviales procedentes de los relieves de la Sierra. En el tercio sureste de la Comunidad destacan los yesos y calizas depositados en lagos y charcas por la evaporación del agua o por la acción de seres vivos, y las arcillas y limos depositados también en los lagos y charcas, pero por decantación (caída lenta) del sedimento que llegaba en suspensión en el agua de los ríos y arroyos (amarillo y naranja en la Figura 2). Entre las formaciones fluviales del Cuaternario -mucho más recientes a escala geológica- destacan las gravas de relleno de los canales fluviales, y los limos y arenas de las terrazas y llanuras de inundación fluvial (gris en la Figura 2).

La red hidrográfica que vemos actualmente, con sus terrazas y sus valles fluviales, se formó a partir del final del Plioceno, desde hace unos dos o tres millones de años (varía según los sitios). Esta red discurre en su mayor parte por los valles que se excavaron en los materiales del Terciario que se habían depositado hasta entonces. Todo este proceso de erosión en laderas y montañas, transportando los materiales por los valles fluviales hacia el mar, se viene desarrollando desde el Plioceno y durante el Cuaternario (Pleistoceno y Holoceno) hasta nuestros días. Los procesos geológicos permanecen hoy igual de activos que hace millones de años. Mirando a nuestro alrededor, interpretando el paisaje y las rocas y sedimentos que forman su sustrato, podemos comprender la historia geológica de la Comunidad de Madrid.

Un poco de historia

El estudio de la geología de la Comunidad de Madrid comenzó a mediados del siglo XIX con la creación, en tiempos de Isabel II, de la denominada "Comisión para la Carta Geológica de Madrid y General del Reino" mediante Real Decreto de 12 de julio de 1849. El objetivo era «*formar la Carta Geológica del terreno de Madrid y reunir y coordinar los datos para la General del Reino*». Al poco tiempo, cambió al nombre de "Comisión del Mapa Geológico de España", que se mantuvo hasta 1910, en que pasó a llamarse Instituto Geológico de España. En 1927 este organismo se reorganizó bajo el nombre de **Instituto Geológico y Minero de España (IGME)**, denominación que se ha mantenido prácticamente hasta la actualidad, sólo interrumpido por un breve paréntesis (1988-2001) en que se llamó "Instituto Tecnológico y Geominero de España".



La "Comisión del Mapa Geológico de España" fue creada por Casiano de Prado y Vallo (1797-1866), que ya había emprendido por su cuenta la tarea de elaborar el mapa geológico de la provincia de Madrid con motivo de la traída de aguas del río Lozoya a la Corte. Heredero del espíritu ilustrado y liberal, Casiano de Prado recorrió minuciosamente a lomos de mula las sierras de Gredos y Guadarrama. Fruto de sus recorridos geológicos fue la publicación en 1864 de la obra denominada *Descripción Física y Geológica de la provincia de Madrid*, concluida tras dieciocho años de exploraciones por toda la provincia. En ella se describen por primera vez las montañas, los ríos, las rocas y la formación del relieve, y lo hace con tal rigor científico que se considera el primer estudio geológico moderno publicado en España.

Figura 5: Casiano de Prado y Vallo (1797-1866) según un óleo de Ignacio Burguete que hay en la Biblioteca Nacional.

El primero en seguir el camino iniciado por Casiano de Prado fue José Macpherson y Hermás (1839-1902), gaditano de origen escocés que, aficionado desde su niñez a las ciencias naturales, cursó estudios de geología en París. Participó junto a Casiano del Prado en los trabajos de la Comisión del Mapa Geológico, realizando además frecuentes recorridos a lo largo de toda la geografía ibérica. Su labor con respecto a la geología de Madrid fue muy importante. No solo realizó estudios sobre la tectónica, la morfología y la petrografía, sino que su obra se extendió al ámbito cultural y pedagógico. Fue presidente de la Sociedad Española de Historia Natural y miembro de la Institución Libre de Enseñanza, entre cuyos fundadores se hallaban Salvador Calderón y Francisco Giner de los Ríos.

José Macpherson realizó una aportación enorme y creó escuela al señalar el camino que siguieron sus discípulos Francisco Quiroga y Salvador Calderón, y más tarde a su vez los discípulos de éstos, Eduardo Hernández Pacheco, Juan Carandell y Lucas Fernández Navarro. Estos últimos formaron parte de la llamada "Escuela Madrileña de Geología", aunque más acertado hubiese sido denominarla "Escuela del Guadarrama", por el historial común de sus miembros más destacados. Durante la primera mitad del siglo XX, este grupo de geólogos centró sus investigaciones en la sierra, sobre todo en la búsqueda y el estudio del glacialismo cuaternario, una de las características geológicas que más llamaba la atención de estos científicos.

Las primeras descripciones de las huellas glaciares en el Sistema Central fueron las que aparecieron en 1864 en la *Descripción Física y Geológica de la provincia de Madrid*, de Casiano de Prado, en la que dedicó un capítulo a este asunto titulado "Acción glaciaria en la Sierra de Guadarrama". Este investigador había recorrido con frecuencia el macizo de

Peñalara y hay que reconocerle el mérito de ser el primero en atribuir un origen glacial a su laguna. Hasta finales del siglo XIX imperó entre estos geólogos la teoría de que las sierras del Sistema Central habían estado cubiertas por una gran capa de hielo permanente que se extendía hasta el pie mismo de las montañas. En 1894, el geólogo alemán Albrecht Penck (1858-1945) negó tales teorías, ya que nunca se dieron las condiciones meteorológicas y de relieve para la existencia de glaciares de tan grandes dimensiones, pero sí que se formaron pequeños glaciares en las cumbres. Lucas Fernández Navarro (1869-1930) comenzó a buscar restos de estos pequeños circos a lo largo de la extensa alineación de cumbres de los Montes Carpetanos, y descubrió una serie de pequeños fondos de glaciares situados en parajes entonces recónditos. Algunos de ellos los veremos desde el lugar de la Parada 4.

En 1915, un discípulo de Penck, el geólogo y sacerdote alemán Hugo Obermaier (1877-1946), comenzó el estudio del macizo de Peñalara en compañía de sus discípulos Juan Carandell y Eduardo Hernández Pacheco. Obermaier y Carandell publicaron sus resultados sobre el glaciario de Peñalara en 1917 (mira la Figura 7). A principios del siglo XX, la Sierra de



Guadarrama pudo haber sido declarada Parque Nacional, pero los conservacionistas de entonces sólo consiguieron que se declararan algunos "Sitios Naturales de Interés Nacional", como el Pinar de la Acebeda, la Pedriza de Manzanares, la Peña del Arcipreste de Hita, y la Cumbre, circo y lagunas de Peñalara. Un año más tarde, Eduardo Hernández-Pacheco dirigió la publicación de la *Guía de los Sitios Naturales de Interés Nacional*, cuyo nº 1 se dedicó a la Sierra de Guadarrama y en la que se puede encontrar una magnífica *Descripción Geográfico-Geológica del Guadarrama* redactada por su hijo Francisco Hernández-Pacheco.

Figura 6: José Macpherson y Hermás (1839-1902).

Un acto destacable que simboliza el interés que alcanzó la geología durante las primeras décadas del siglo XX es la inauguración de la Fuente de los Geólogos el 12 de junio de 1932. Se trata de un monumento en homenaje a los geólogos Casiano del Prado, José Macpherson, Salvador Calderón y Francisco Quiroga, por haber hecho de la Sierra de Guadarrama un lugar de investigación científica y promoverlo como escenario cultural. La fuente se encuentra en la subida al puerto de Navacerrada, unos kilómetros antes de llegar.

La guerra civil y el exilio congelaron la actividad científica durante más de dos décadas. Con la puesta en marcha de la Facultad de Ciencias de la Universidad Complutense comenzó a darse un nuevo impulso a la investigación geológica en Madrid, realizando diversos estudios de carácter petrológico, estructural y geomorfológico.

La realización de la cartografía geológica por parte del IGME a escala 1:50.000 (Mapa Geológico Nacional, MAGNA) en los años 70 y 80, las diferentes tesis doctorales realizadas y la publicación de numerosos artículos, han contribuido a un mayor conocimiento sobre la geología de Madrid. A partir de esta época resulta larga y numerosa la relación de los geólogos que han estudiado la zona. Listar todos los trabajos realizados llenaría varias páginas, por lo que te animamos a consultar la bibliografía en función del área de conocimiento que más te interese.

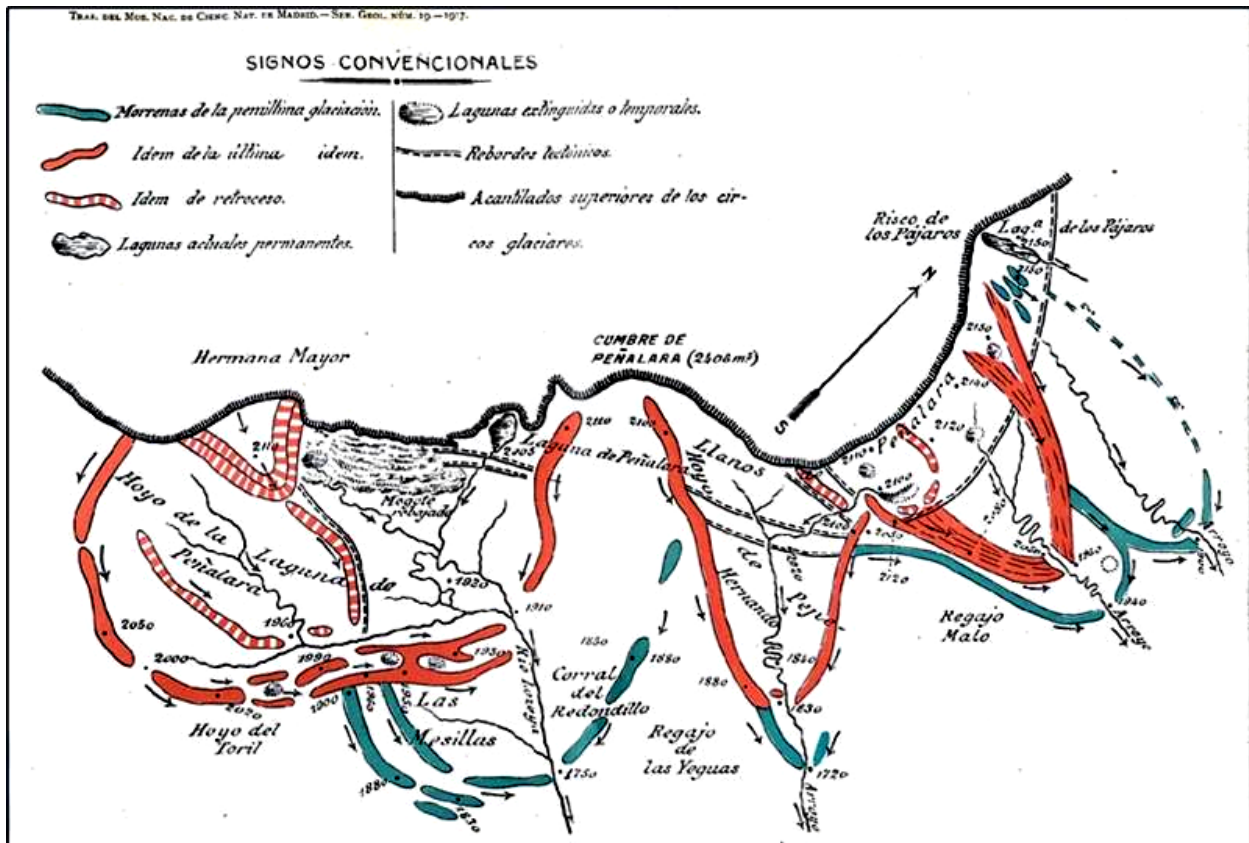


Figura 7: Mapa de las morrenas y lagunas glaciares del entorno de Peñalara publicado por Obermaier y Carandell en 1917.

A principios de los 70 se planteó la protección de diferentes zonas de la sierra. En 1978 se declaró el Parque Natural de la Cuenca Alta del Manzanares, luego reclasificado como Parque Regional en 1985, y ampliado en 1987 y 1991. En 1987 fueron catalogados como Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) el Alto Lozoya, el Pinar de Valsaín y El Espinar, y en 1990 se declaró protegido el Parque Natural de la Cumbre, Circo y Lagunas de Peñalara. El siglo XX terminó con la demanda de un Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) para la Sierra de Guadarrama y su declaración como Parque Nacional. El siglo XXI se inició con la "Proposición no de Ley" de todos los grupos parlamentarios de la Asamblea de Madrid, instando al Gobierno de la Comunidad de Madrid a ponerse de acuerdo con el Gobierno de la Nación y la Junta de Castilla y León para iniciar los procedimientos legales para la declaración de la Sierra de Guadarrama como Parque Nacional (Boletín Oficial de la Asamblea de Madrid, nº 98, 7 de junio de 2001). En la actualidad, el proceso sigue en tramitación y, aunque no perdemos la esperanza de que se lleve a cabo, la tendencia en los últimos años ha sido a reducir la extensión inicial del futuro parque, perdiendo gran parte del patrimonio natural y de la diversidad natural que tanto impresionaron a los primeros naturalistas estudiosos de este maravilloso entorno, y que aún hoy merecen nuestra consideración. La reciente propuesta del Gobierno de la Comunidad de Madrid (Noviembre de 2008) no hace sino confirmar nuestras sospechas sobre la progresiva reducción del área a proteger.

Descripción general del recorrido

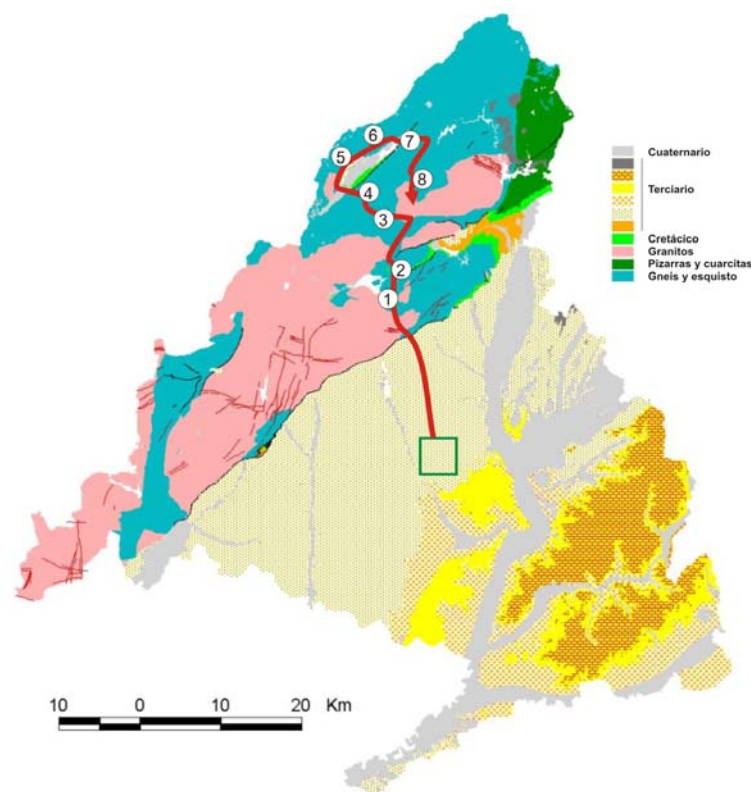


Figura 8: Mapa geológico simplificado de la Comunidad de Madrid, indicando las paradas descritas en esta guía.

Salimos de Madrid por la Autovía de Colmenar Viejo (M-607) y nos desviamos por la carretera de Guadalix (M-625) para hacer una parada en la Ermita de la Virgen de los Remedios (PK 2,5). Retornamos a la autovía para continuar hacia el norte y tomar enseguida hacia Soto del Real por la M-609, y después hacia Miraflores de la Sierra por la M-611. Continuamos por ésta misma carretera para pasar el Puerto de la Morcuera y llegar hasta Rascafría, donde tomamos la M-604, pasando Lozoya hasta el desvío a Canencia, donde nos desviamos por la M-629 para volver en dirección a Madrid. La longitud aproximada de todo el recorrido en vehículo es de unos 130 km.

El itinerario está diseñado para realizarse en un día desde Madrid. Los puntos de observación se han seleccionado cercanos a la carretera y accesibles a pie (andando menos de 1 km en cada parada). Las paradas 1 a 4 y 8 cuentan con suficiente espacio para aparcar varios coches o un autobús, mientras que el espacio disponible para aparcar en las paradas 5, 6 y 7 es escaso y puede que haga falta maniobrar. Por favor, en todos los casos es importante dejar siempre el vehículo aparcado fuera de la carretera y donde no obstruya el paso, nunca en el mismo arcén y mucho menos en la calzada. El aparcamiento en las paradas 5, 6 y 7 es muy limitado (sólo para uno o dos coches, escasamente para un autobús). En casos como éste, y hasta que desde algún organismo de la administración tomen la decisión de facilitar el acceso y aparcamiento para visitas, es imprescindible que señalicemos debidamente el vehículo con triángulos y que una persona con chaleco reflectante reglamentario permanezca en el arcén para avisar a otros vehículos. También recomendamos que durante las maniobras de acceso y aparcamiento de un autobús en las paradas haya una persona con chaleco reflectante para facilitar la labor y evitar cualquier riesgo. Además, debemos tener mucho cuidado en las paradas 2, 3 y 5, ya que hay que cruzar la calzada para poder ver los afloramientos, intentando siempre permanecer el mínimo tiempo sobre el firme o el arcén, y bajar directamente a la cuneta.

Geología del itinerario

Descripción de los aspectos geológicos generales de este recorrido

En las figuras 8 y 9 puedes ver el recorrido y las paradas de las que consta el itinerario geológico por el noroeste de la Comunidad de Madrid, indicadas con números del 1 al 8 según el orden en el que deben realizarse. Lo mejor sería poder hacer cuatro paradas por la mañana y las otras cuatro por la tarde, comiendo entre las paradas 4 y 5. Entre el Puerto de la Morcuera y Alameda del Valle hay varios restaurantes y lugares para comer de bocadillo. Si hacemos el recorrido en verano (días más largos) y/o le dedicamos poco tiempo a cada parada, puede que nos sobre tiempo. Si hacemos el recorrido en invierno (días más cortos) y/o le dedicamos mucho tiempo a cada parada, puede que no nos dé tiempo a hacerlas todas y que tengamos que suspender las últimas.

En este recorrido veremos una gran variedad de formaciones geológicas, desde los sedimentos recientes depositados hace pocos días en el cauce del río Lozoya, o hace unos miles de años en las cumbres, hasta las rocas metamórficas formadas originalmente hace más de 450 millones de años. Para poder situarnos en el tiempo, a continuación hay un gráfico que indica la edad aproximada de las rocas que veremos en cada parada.

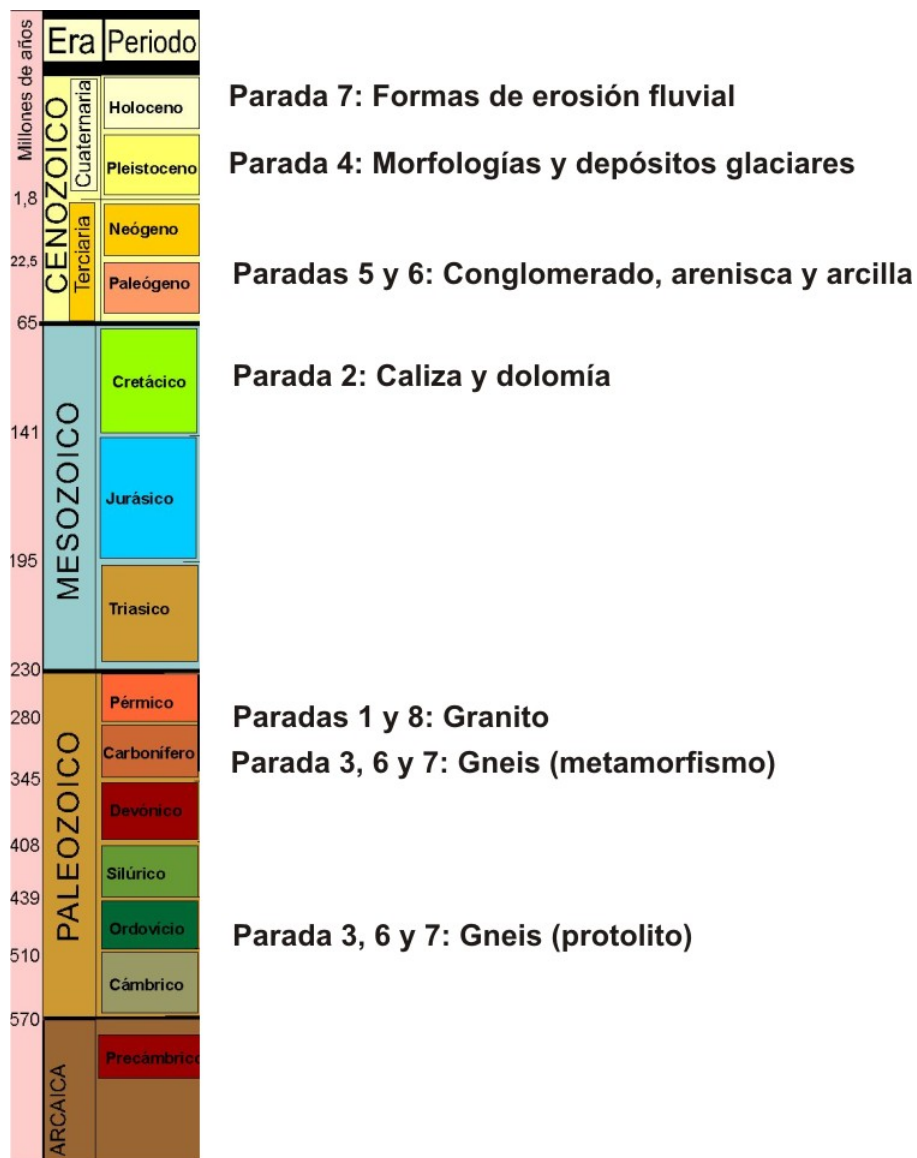


Figura 9: Edad aproximada de las formas, rocas y sedimentos que se pueden ver en el itinerario geológico por el noroeste de la Comunidad de Madrid.

Las principales rocas y sedimentos del noroeste de la Comunidad de Madrid que veremos en este recorrido son:

Sedimentos: En la parada 4 veremos desde lejos las formas y depósitos que dejaron los glaciares que hubo en estas montañas hace unas decenas de miles de años. Se trata de morrenas glaciares compuestas de limos, arenas y gravas con grandes bloques, todo ello sin consolidar. Como durante este tiempo no se han llegado a convertir en roca dura, estos sedimentos son fácilmente erosionables y colonizables por la vegetación. También veremos sedimentos arcillosos antiguos pero poco consolidados en la Parada 6. Y por supuesto, no debemos olvidar todos los depósitos recientes de charcas, turberas, ríos, embalses y laderas que veremos por el camino.

Rocas sedimentarias: En las paradas 2, 5 y 6 veremos diferentes rocas sedimentarias: unas de origen marino y con mucho carbonato (dolomías, calizas y margas), y otras de origen continental y con muchos granos detríticos (conglomerados, areniscas y otras rocas de grano más fino de edad Paleógeno). Algunas de estas rocas se utilizan frecuentemente en la construcción y por eso hay canteras y hornos en la zona: unas para la extracción del material y los otros para la fabricación de cal a partir de la caliza o de cerámica a partir de la arcilla. Las rocas sedimentarias de origen marino (dolomías, calizas y margas de edad Cretácico que hay en la parada 2) demuestran que la zona centro de lo que ahora es la Península Ibérica estuvo entonces cubierta por un mar tropical, hace entre 80 y 90 millones de años.

Rocas metamórficas: En las paradas 3, 6 y 7 veremos gneises y esquistos compuestos fundamentalmente por micas, cuarzo y feldespato. Debemos fijarnos en el tamaño y disposición de los cristales, visibles a simple vista (sin necesidad de lupa) debido a su recrecimiento durante el metamorfismo. Estas son unas de las rocas más antiguas de la Comunidad de Madrid (¡más de 450 millones de años!). Veremos que hay dos tipos principales de gneises, aunque suelen ser difíciles de diferenciar a simple vista.

Rocas magmáticas (ígneas) plutónicas: En las paradas 1 y 8 veremos diferentes tipos de granito y, si nos fijamos en el tamaño de los cristales y en los diferentes minerales, podremos distinguir que no todos son iguales (hay muchos tipos) y que suelen ir acompañados de vetas de cuarzo y pegmatita. Debido a su gran resistencia, el granito se usa frecuentemente en edificios y construcciones. Por toda la zona hay buenos ejemplos de su utilización.

Recuerda: Si no entiendes algún término, puedes buscarlo en el Glosario o en la escala del tiempo geológico .

Parada 1

Lugar

Ermita de Nuestra Señora de los Remedios (Colmenar Viejo).

Acceso

Salimos de Madrid por la Autovía de Colmenar (M-607) y tomamos la salida hacia Guadalix de la Sierra por la M-625. En las proximidades del punto kilométrico 2,5 tomamos el desvío que hay a la derecha para poder entrar al recinto de la Ermita de la Virgen de los Remedios, que se encuentra a la izquierda (ver la Figura 10). El aparcamiento no es muy grande, y en fines de semana o días festivos puede estar lleno, con lo que nos veremos obligados a utilizar el aparcamiento alternativo situado fuera, junto al camino al norte del recinto.

Figura 10: Esquema del acceso a la Parada 1, junto a la Ermita de Nuestra Señora de los Remedios de Colmenar Viejo.

Material y edad

Granitos del Carbonífero, aunque lo fundamental en esta parada es la interpretación de la panorámica.

Características

Desde el aparcamiento nos dirigimos al extremo oeste del recinto, donde se encuentra un panel explicativo del paisaje. A este punto se llega rodeando el edificio de la ermita y restaurante, ya sea por un lado o por el otro. Según vamos hacia el panel, por el camino podemos ver algunos afloramientos de granito, con diferentes tonalidades y disposición y tamaño de los granos. En la última parada de esta excursión podremos ver mejores ejemplos de estas rocas graníticas que forman una gran parte del sustrato de la sierra. Su composición es fundamentalmente de feldespato, cuarzo y mica. El feldespato se caracteriza por ser opaco y de tonos blanquecinos, el cuarzo por ser translúcido y de tonos grisáceos, y la mica por ser brillante y aplanada, unas veces blanca (moscovita) y otras negra (biotita).



Pero más que los granitos del sustrato de la ermita, lo que nos interesa destacar en esta parada es la perspectiva que hay desde el extremo occidental del recinto, junto al panel. Como podremos comprobar al leerlo, suele ser habitual que en la interpretación del paisaje se olvide mencionar uno de sus principales condicionantes, que es el sustrato geológico. A lo largo de esta excursión veremos cómo las diferentes rocas y sedimentos, y especialmente su peculiar disposición como resultado de las fallas geológicas, han dado lugar al paisaje que vemos. Por un lado, condicionan el relieve (valles y montañas, planicies y cumbres) y la composición del sustrato y sus características (humedad, resistencia, etc.), que con el clima son los principales condicionantes de la vegetación y en general de los hábitats y biotopos. Por otro lado, el sustrato condiciona los usos del suelo, que a la larga son los que dan la configuración a ese paisaje humanizado que estamos acostumbrados a ver: la existencia y ubicación de pastizales y dehesas, canteras y minas, suelos y cultivos de un tipo u otro... todo ello, sistemáticamente, está condicionado por lo que hay debajo. A su vez, eso que hay debajo, el sustrato geológico, es resultado de una evolución de millones de años, con dinámicas y procesos que nunca han dejado de actuar, y por lo tanto aún hoy siguen activos. Conocer esta evolución nos ayuda a comprender el porqué de todo lo demás. Por eso es importante conocer su origen. Entre otras cosas, porque nos ayudará a comprender su importancia y nos permitirá aprovechar los recursos disponibles de forma sostenible.

Origen

¿Será verdad que el sustrato condiciona el paisaje? Comprobarlo es muy sencillo. Por ejemplo, ¿porqué está La Pedriza ahí, y no en otro sitio? Y esa amplia vega con fresnedas y pastos que hay entre Manzanares y Soto del Real, ¿porqué está ahí? Todo ello tiene su explicación como resultado de esa evolución geológica, la culpable de la configuración y distribución actual de cada tipo de sustrato, ya sea roca o sedimento, de las formas y relieves, laderas y planicies, y de la configuración general del paisaje.



Figura 11: La panorámica que se ve desde el extremo oeste del recinto de la ermita permite comprobar cómo el sustrato geológico condiciona los múltiples aspectos del paisaje.

El relieve que vemos desde el mirador junto a la ermita es el resultado de la erosión durante los últimos millones de años de esta zona por el río Manzanares y sus afluentes. Como hemos explicado en un apartado anterior sobre la evolución geológica de la zona centro de España, el Sistema Central se levantó en la Orogenia Alpina, durante el Terciario, incluida esta parte que tenemos delante nuestro. La causa de la formación de las montañas (orogénesis) que vemos actualmente fue la lenta colisión de la microplaca ibérica con el continente africano. El resultado más espectacular de esta colisión fueron las cordilleras béticas del sur de la Península Ibérica, pero la tensión acumulada también afectó al interior de la microplaca, dando lugar a las cuencas del Duero y del Tajo, y al Sistema Central que las separa. Como puedes observar en la Figura 12 de la página siguiente, las fallas geológicas que rompieron y desplazaron la corteza terrestre en esta zona dieron como resultado la subida de unos bloques tectónicos y el descenso de otros.

En general, llamamos tectónico a todo lo relacionado con la deformación de los materiales geológicos y a las estructuras resultantes. Por ejemplo, a las placas de la corteza terrestre se las conoce también como placas tectónicas porque a lo largo de millones de años se van deformando, y a las estructuras como pliegues y fallas que contienen también se las llama estructuras tectónicas.

Esta primera parada del itinerario está situada en el que hemos llamado "bloque tectónico del Cerro de San Pedro", en el que también se encuentran Colmenar Viejo y El Molar. Este bloque está limitado al noroeste y sureste por fallas inversas, caracterizadas porque el bloque de encima de la falla sube, y el de debajo de la falla baja (mira la Figura 12). Si el plano de falla estuviera colocado igual pero el desplazamiento fuera al revés, serían fallas normales, pero no es el caso. Estas grandes fracturas de la corteza terrestre son las fallas geológicas que han dado lugar a la estructura general de la sierra y sus principales relieves. Son las responsables de que existan tanto los relieves positivos del Cerro de San Pedro, Cuerda Larga-Morcuera y Montes Carpetanos, como los relieves negativos de los valles y vaguadas entre Cerceda, Soto del Real y Guadalix, y entre Rascafría y Lozoya. En la parada 3 tendremos otra perspectiva de

estos bloques levantados y hundidos, y en la parada 4 podremos ver uno de los mejores ejemplos de "fosa tectónica intramontana" que hay en el Sistema Central.

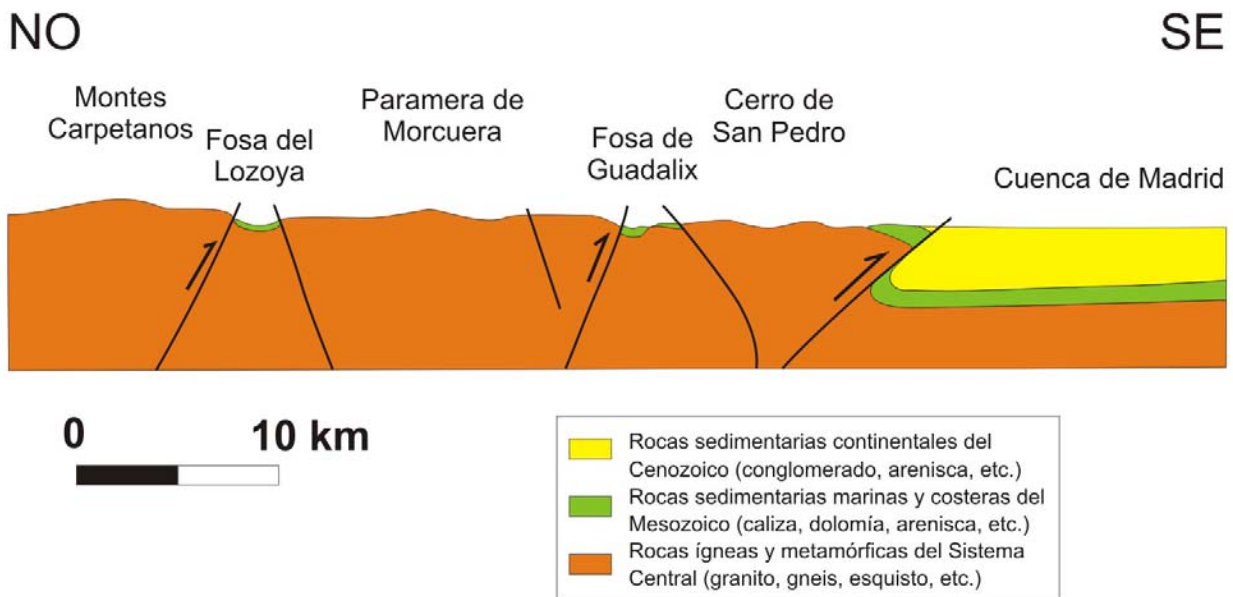


Figura 12: Corte geológico esquemático de la corteza terrestre (ampliado a partir del de la Figura 4) en el que se han destacado las principales fallas y bloques tectónicos levantados y hundidos que se recorrerán durante la excursión.

En cuanto a la roca sobre la que se sitúa la ermita, se trata de un pequeño plutón granítico de menos de 1 km² de extensión, y que se caracteriza por ser un granito de dos micas: tiene alrededor de un 6% de mica blanca (moscovita) y un 3% de mica negra (biotita). Además, contiene algunas inclusiones (enclaves) de la roca en la que se introdujo (intruyó) el magma antes de solidificarse, que son los esquistos y gneises del macizo de San Pedro. Como estas rocas metamórficas tienen mucha más mica, en superficie suelen degradarse y erosionarse antes, dejando aislados resaltes de granito como el que estamos pisando o los relieves que hay hacia el nordeste y sureste, que asoman entre las extensiones de pastos. Una vez más, el sustrato condiciona el relieve y los usos del suelo.

El magma que dio lugar a estos granitos se formó por fusión de la corteza terrestre que forma la Península Ibérica. Esto ocurrió durante la Orogenia Varisca, hacia el final del Paleozoico y como resultado de la colisión entre dos antiguos supercontinentes: Gondwana y Laurentia.

Por el camino

Salimos del recinto de la ermita hacia la derecha para retomar la M-625 en dirección a Colmenar Viejo (hacia el sur). En la rotonda tomamos a la derecha por la M-607 hacia Manzanares y Soto del Real (hacia el oeste), y al poco tomamos otra vez a la derecha por la M-609 hacia el norte. Antes de llegar a la siguiente parada podremos disfrutar de la perspectiva del macizo rocoso de La Pedriza, un espacio natural protegido que debe su aspecto y diversidad natural a la peculiar evolución del sustrato granítico: su formación a unos pocos kilómetros de profundidad en el Paleozoico superior, su geometría de emplazamiento en los gneises, su posterior fracturación por fallas y diaclasas, su peculiar meteorización física y química, y finalmente su erosión para dar lugar a los relieves que vemos ahora.

Cerca ya de Soto del Real, pero antes de llegar a la siguiente parada, un ligero escalón en el relieve nos obliga a bajar, adentrándonos progresivamente en la vaguada del soto de fresnos y robles que da nombre al pueblo. Hemos pasado sin apenas percibirlo sobre la falla inversa o cabalgamiento que limita el bloque levantado del Cerro de San Pedro al sur, con el bloque hundido de Cerceda-Guadalix al norte.

Parada 2

Lugar

Corte geológico de la carretera M-609 en la entrada sur a Soto del Real.

Acceso

Una vez en dirección norte por la M-609, tomaremos el primer desvío que veamos hacia Soto del Real. Pasaremos junto al afloramiento en cuestión en torno al punto kilométrico 6,7, dejándolo a la derecha, y 300 m después, justo al llegar a las primeras casas del pueblo (punto kilométrico 7), nos desviamos a la izquierda para entrar por el camino y aparcar ahí mismo (mira la foto aérea en la Figura 13). Desde aquí debemos ir andando con mucho cuidado por el camino sin asfaltar (carril bici) que sigue paralelo a la carretera, separada de nosotros por una valla metálica.



Figura 13: Esquema de acceso a la Parada 2 indicando el lugar donde se debe aparcar y por dónde se debe caminar para interferir lo mínimo con el tráfico.

Material y edad

Calizas y dolomías del Cretácico superior (hace entre 80 y 90 millones de años).

Características

Según andamos por el camino de acceso debemos fijarnos en las rocas y relieves que se observan al otro lado de la carretera. Se trata de lo que en geología se conoce como un relieve estructural, o sea, unas rocas que dan lugar a un relieve característico, que a su vez refleja y permite interpretar la estructura o disposición de las rocas. En este caso se utiliza el nombre de relieve en cuesta, ya que los planos de estratificación de la roca sedimentaria (calizas y dolomías del Cretácico superior) dan lugar a una cuesta pronunciada en el lado (flanco) sur. En la imagen de la Figura 13 vemos que las capas están alineadas en dirección este-oeste. También vemos que hay una especie de huecos alineados que lo "corroen", como trincheras discontinuas. Se trata de antiguas canteras de explotación de estas rocas. En el lado norte del relieve, cerca de la carretera, hay un antiguo horno de calcinación. Los aficionados a la mineralogía podrán encontrar geodas y drusas de calcita en el afloramiento y por el entorno. También hay fósiles de organismos marinos, pero son más difíciles de encontrar.

La trinchera de la carretera corta las capas de dolomías y calizas con algunas margas en un tramo de unos cien metros. Debemos fijarnos en el tamaño de grano y composición de los granos y cristales de mineral en la roca, así como el grado de consolidación y resistencia de las rocas a la erosión. El corte de la carretera lo podemos ver desde el lado opuesto, o sea, el lado por el que llegamos. Como el tráfico en esta carretera es bastante intenso, no recomendamos cruzar si no es estrictamente necesario. En cualquier caso, para acceder a la cuneta del afloramiento deberemos llevar siempre chaleco reglamentario y tener alguna persona encargada de avisar a los vehículos.

Origen

Las dolomías y calizas se depositaron hace algo más de 80 millones de años, en el Cretácico superior. Evidentemente, el paisaje de entonces era completamente diferente al de ahora: la zona estaba ocupada por amplias playas y marismas, con un mar somero y cálido bajo clima tropical. En la lejanía, más de cien kilómetros hacia el oeste, se verían pequeños relieves que quedaban de la erosión de una cordillera antigua, y hacia el este se vería el ancho océano conocido como Tethys. En este tipo de ambiente se acumularon los sedimentos de carbonato, removilizados por el oleaje y las mareas.



Figura 14: Trinchera de la carretera M-609 cerca de la entrada a Soto del Real (PK 6,5), mostrando el buzamiento hacia el sur de las calizas y dolomías del Cretácico superior. Esta serie estratigráfica es un lugar de interés geológico para el noroeste de la Comunidad de Madrid, parte importante de su patrimonio geológico, e indicador de la geodiversidad de esta región.

Dentro del bloque hundido de Cerceda-Soto del Real-Guadalix, y a lo largo de sus dos márgenes, afloran sendas franjas de carbonatos marinos cretácicos paralelas a las fallas que limitan el bloque. Las dolomías y calizas son muy resistentes a la erosión, pues están bien cementadas. Esto es lo que hace que sean frecuentemente explotadas en canteras y utilizadas en las construcciones urbanas, y que originen relieves como los que vemos en esta parada. La dolomía y la caliza están hechas respectivamente de dolomita y de calcita, dos minerales de carbonato que pueden ser lentamente disueltos por el agua. Al disolverse estas rocas va quedando un residuo formado por componentes insolubles en agua, como arcillas, granos de cuarzo, etc. Otra característica de las rocas de carbonatos es que no suelen ser porosas como las arenas o areniscas (con poros entre los granos), así que no pueden retener el agua de lluvia o de escorrentía, que tiende a infiltrarse por las fracturas. Además, el agua que las disuelve se vuelve gorda (dura), y todo esto hace que la vegetación tenga que estar especialmente adaptada. El cantueso, la jara pringosa y otras especies frecuentes en las rocas silíceas (granitos, gneises, esquistos, pizarras, cuarcitas) que hay por la Sierra de Guadarrama, son aquí sustituidas por espliego, romero, tomillo y otras especies mejor adaptadas a los suelos calcáreos más pobres y secos.

Aunque las dolomías y las calizas suelen ser rocas duras y resistentes a la rotura y a la erosión mecánica, pueden disolverse bajo la acción del agua de lluvia en un proceso aparentemente lento pero pertinaz y eficiente. Cuando esto ocurre, se forman cuevas en el interior del terreno y también depresiones (torcas), cañones y formas de lo más variadas en la superficie. En resumen, se forma un paisaje muy característico que se llama karst. El nombre viene de la región de Karst, situada en entre Italia, Eslovenia y Croacia, una región también con abundantes carbonatos del Cretácico que presenta muchas de estas morfologías. El paisaje kárstico de la zona de Soto del Real está poco desarrollado porque los carbonatos tienen poco espesor y ocupan poca superficie. En cambio, en la banda de rocas del Cretácico que se extiende más al este, desde Guadalix y Venturada por Torrelaguna hasta Valdepeñas de la Sierra, sí existen buenos ejemplos de cuevas y otras formas kársticas (por ejemplo, mira la parada 3 del itinerario geológico por el norte de la Comunidad de Madrid).

Por el camino

La vuelta andando al aparcamiento la debemos hacer por el mismo camino que vinimos, al otro lado de la carretera y siempre poniendo mucho cuidado con el tráfico. En este sentido, sería recomendable que el Ayuntamiento de Soto del Real promoviera instalaciones para la visita de este recurso natural, didáctico y cultural del crestón de carbonatos cretácicos que forma parte de la evolución geológica e histórica del municipio. El coste de las instalaciones no es mucho comparado con sus beneficios (turístico, educativo, de ocio, sociocultural, etc.) a corto, medio y largo plazo. Sólo hace falta voluntad política para contribuir al uso público del patrimonio natural y cultural, y así no vernos obligados a jugarnos la vida con el tráfico para poder apreciar y conocer la geodiversidad y su aprovechamiento por el hombre.

Continuando por la M-609 hacia el norte, atravesamos Soto del Real. A la salida del pueblo la carretera cambia de nombre a la M-611, que ya no dejaremos hasta llegar a Rascafría. A lo largo del recorrido, pasando Miraflores de la Sierra y hasta la siguiente parada, deberemos fijarnos en los cambios de las morfologías y relieves circundantes, siempre condicionados por el sustrato geológico, como ya hemos mencionado.

Parada 3

Lugar

Mirador cercano a Miraflores, en la subida al Puerto de la Morcuera.

Acceso

Una vez pasado Miraflores, continuamos por la M-611 subiendo hacia el Puerto de la Morcuera en dirección a Rascafría y Lozoya. Entorno al punto kilométrico 11,2 paramos a la izquierda en un pequeño aparcamiento que hay junto a un mirador. Debemos tener cuidado porque la carretera es estrecha y en ese tramo está en curva.



Figura 15: Vista panorámica desde el mirador de la Parada 3, en la que podemos comprobar cómo la estructura del sustrato geológico es un importante condicionante del relieve y del paisaje.

Material y edad

Gneis del Paleozoico (protolito del Ordovícico y metamorfismo del Carbonífero).

Características

En este mirador podemos disfrutar de una espléndida vista y al mismo tiempo aprender con la interpretación del paisaje. Para poder extraer la abundante información 'escondida' en el paisaje, conviene que nos fijemos primero en los detalles del relieve, para luego situar sobre ellos los diferentes colores y texturas. Con la experiencia y los años podremos aprender a interpretar el relieve, el sustrato geológico, la vegetación y sus cambios, los tipos de suelos, los usos que se ha dado y se está dando al territorio, los cambios recientes originados por la acción humana o las modificaciones que se hicieron hace décadas o siglos. Todo eso, con sólo echar un vistazo.

La roca que aflora en el mirador y en el corte de la carretera se llama gneis, y es la misma que forma el sustrato de los principales relieves cercanos y buena parte de la Sierra de Guadarrama. Se caracteriza por presentar bandas claras de cuarzo y feldespato, y bandas oscuras con biotita, moscovita y sillimanita. Cada uno de estos minerales tiene diferente resistencia a la alteración física y química, lo cual hace que la roca se suela romper y alterar

más fácilmente por los planos ondulados más débiles, generalmente los de las bandas de micas.

Origen

En el paisaje podemos distinguir dos tipos de relieve: uno rugoso y alomado en la zona más cercana, y otro mucho más plano que hay abajo al fondo, donde está Madrid, y que se extiende hasta el horizonte por el sureste. El más cercano tiene como sustrato a los granitos y gneises del Sistema Central y el más lejano tiene como sustrato a los sedimentos que rellenan la Cuenca de Madrid. Entre las dos zonas se encuentra la falla del borde sur del Sistema Central, que es la que separa este sistema montañoso de la Cuenca de Madrid, tal como explicamos en el capítulo sobre la geología de Madrid. Por encima de esa falla pasamos antes de llegar a Colmenar Viejo, y de hecho se puede ver y tocar en la parada 4 del itinerario geológico por el suroeste de la Comunidad de Madrid. Además, dentro del primer tipo de relieve, y tal como hemos indicado en la Figura 15, se distinguen varias zonas que reflejan los bloques levantados y hundidos que vimos en la Parada 1 y la Figura 12.

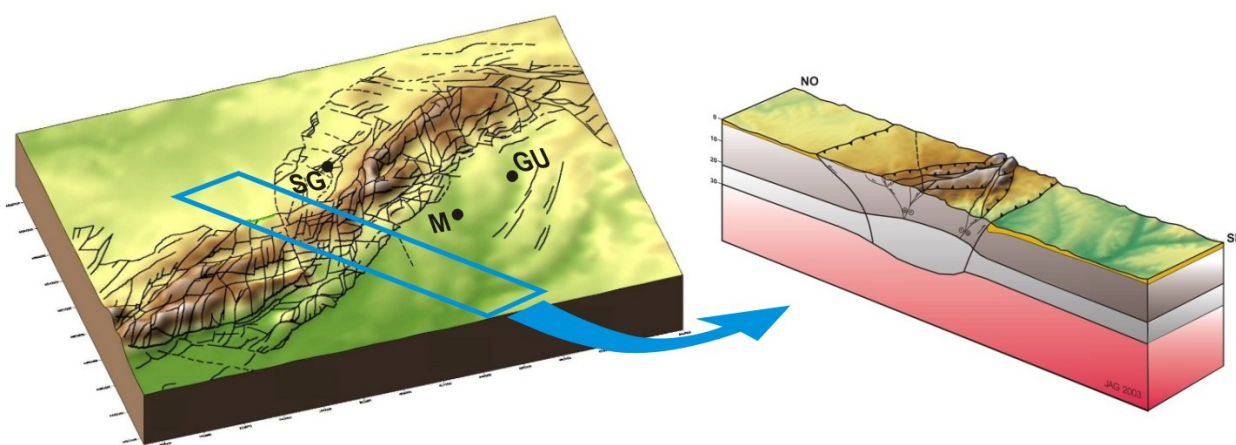


Figura 16: La estructura interna del Sistema Central puede parecer más compleja de lo que aparenta, pero entender su fundamento nos ayudará a comprender el porqué de lo que vemos cuando vamos a la Sierra.

Tal como mencionamos al principio de esta guía, estos gneises son unas de las rocas más antiguas de la Comunidad de Madrid (¡más de 450 millones de años!). El gneis es una roca metamórfica en la que los minerales originales han sufrido tantos cambios que están prácticamente irreconocibles. Al estar sometido a muy altas temperaturas y presiones en el interior de la corteza terrestre, los minerales sufren transformaciones y se adaptan a las nuevas condiciones. El gneis tiene casi los mismos minerales que el granito (cuarzo, feldespatos, micas), pero en bandas delgadas de diferente composición. A veces también presenta cristales grandes de feldespato que se conocen como glándulas o porfiroblastos, y que dan lugar a los llamados gneises glandulares como los que vemos aquí. También se pueden observar diques de pegmatita y vetas de cuarzo.

Es interesante saber que existen dos tipos principales de *gneises*, aunque a veces son difíciles de diferenciar a simple vista. Por un lado están los *paragneises*, que proceden de *rocas sedimentarias* como *areniscas* y *lutitas*, y suelen heredar de estas rocas la estratificación y el predominio de *cuarzo* y *micas*. Por otro lado están los *ortogneises*, que proceden de *rocas ígneas o magmáticas*, ya sean rocas *plutónicas* como el *granito* o *volcánicas* como lavas, cineritas e *ignimbritas*, y que suelen ser más ricos en *feldespatos*. En ambos casos, las rocas originales o *protolitos* sufrieron un *metamorfismo* para dar lugar a otra roca diferente. En concreto, el *gneis* de la Morcuera está datado en 477 ± 2 Ma (millones de años), según la edad obtenida por el método de datación absoluta de U-Pb en circones. Los esquistos, otra roca metamórfica que es más frecuente hacia Buitrago de Lozoya y Montejo de la Sierra, suelen ir acompañados de otros minerales como granate y estauroilita. El metamorfismo de todas estas rocas está asociado a la llamada Orogenia Varisca, que afectó esta zona hace entre 337 y 320

Ma, según las edades obtenidas por el método U-Pb. Este metamorfismo tuvo lugar a una profundidad de más de 30 km, bajo presiones de unos 10 kb que no podemos ni imaginar, y con temperaturas de más de 750°C.

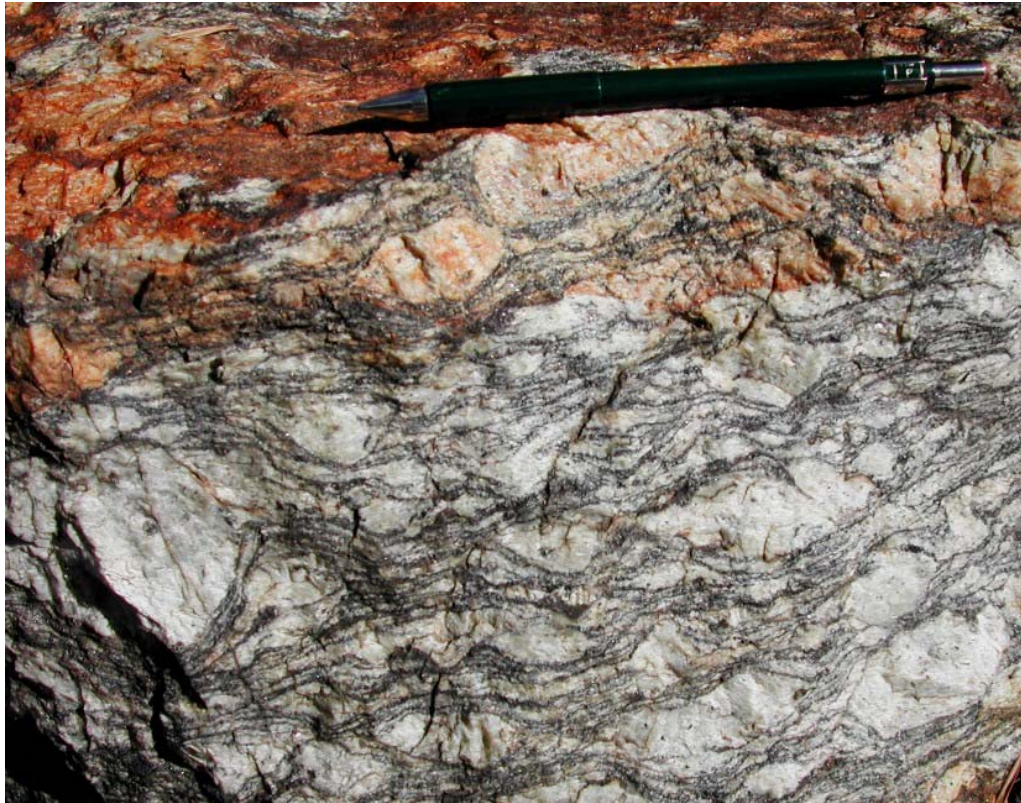


Figura 17: El gneis glandular que aflora junto a la carretera en la Parada 3 pertenece a la unidad geológica conocida como "Gneis de La Morcuera".

Por el camino

El recorrido desde la Parada 3 a la 4 discurre sobre los *gneises* de la Morcuera, y en cualquier sitio que paremos podremos ver diferentes "facies" o aspectos de este tipo de *rocas metamórficas*, a veces con más o menos *cuarzo*, *feldespato* o *micas*, con vetas de un tipo u otro, etc. La llegada al Puerto de la Morcuera nos marca una ruptura de pendiente y de paisaje: dejamos el valle fluvial del río Miraflores, profundamente encajado en el bloque levantado de Cuerda Larga, y pasamos a una superficie relativamente llana pero situada a gran altura (1700-1800 m). Esta superficie de paramera (llamada así por lo plano y elevado, como un páramo) es lo que queda de la llanura que había antes de que se levantaran y hundieran los bloques tectónicos por las fallas. Unas partes de esta antigua llanura bajaron, y otras, como ésta sobre la que estamos, subieron. La morfología casi plana impide que el agua discurra con facilidad, dando lugar a encharcamientos y turberas.

Parada 4

Lugar

Aparcamiento de la Fuente de Cossío, cerca del Puerto de la Morcuera.

Acceso

Retomamos la carretera M-611 hacia el Puerto de la Morcuera, pasándolo hasta llegar al punto kilométrico 18 en que se encuentra un aparcamiento a la izquierda, próximo a la Fuente de Cossío (mira la foto aérea en la Figura 18).

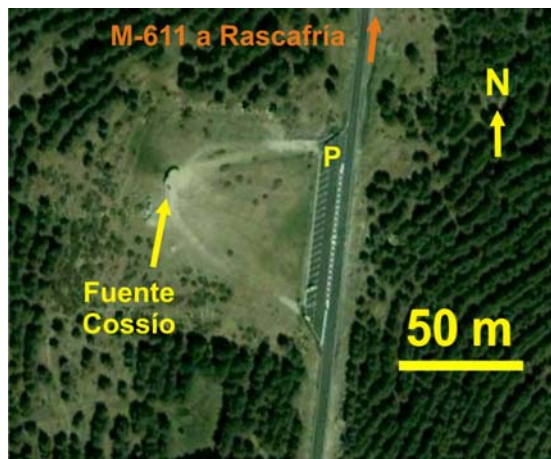


Figura 18: Esquema de acceso al aparcamiento de la Fuente de Cossío en la Parada 4.

Material y edad

Gneis del Paleozoico (protolito del Ordovícico y metamorfismo del Carbonífero).

Características y origen

El *gneis* que hay en los alrededores de esta parada es similar al de la parada anterior, así que no hay mucho más que contar al respecto.

Lo que realmente nos interesa en esta parada es observar la espectacular panorámica que se nos ofrece hacia el oeste y hacia el norte (¡esperamos que el día que lo visites esté despejado!). Como decíamos en la parada anterior, para poder extraer la abundante información 'escondida' en el paisaje conviene que nos fijemos primero en los detalles del relieve, para luego situar sobre ellos los diferentes colores y texturas. En la Figura 1 puedes ver un detalle de la zona de Peñalara en invierno, cubierta de nieve, de forma que se resaltan las sombras del relieve donde no hay vegetación. Esto nos permite distinguir los lugares que tienen sustrato de sedimento suelto, con aspecto más suave, y los lugares que tienen sustrato de roca dura, con aspecto más rugoso. El *sedimento* suelto son las *morrenas glaciares* y otros depósitos de ladera, y la roca dura son los *gneises* que forman todo el macizo rocoso de Peñalara y que también se encuentran bajo los *sedimentos* glaciares aunque no los veamos. Los escarpes de roca están poco colonizados por la vegetación y dan un color grisáceo, mientras que los sedimentos tienen arbustos y pastos que les dan un color verdoso.



Figura 19: Panorámica del cordal de Peñalara y los Montes Carpetanos visto desde la Fuente Cossío, cerca del Puerto de la Morcuera, indicando los principales topónimos y elementos que definen el relieve.

Comparando con el mapa de la Figura 7, podemos comprobar que desde lejos se pueden reconocer las morrenas identificadas originalmente por los primeros estudiosos de la zona. Bueno, todos los detalles quizá no, pero sí las principales alineaciones. Con el mapa de Obermaier y Carandell (1917) en la mano, te recomendamos que intentes encontrar también

los relieves de las morrenas que se adentran en el pinar. Si lo consigues, luego te será más fácil encontrar las mismas formas de relieve en el resto del cordal de los Montes Carpetanos, donde también hay otros escarpes de circo glaciar, nichos de nivación y depósitos de morrenas asociadas a ellos, aunque en general son más pequeños (mira la Figura 20).

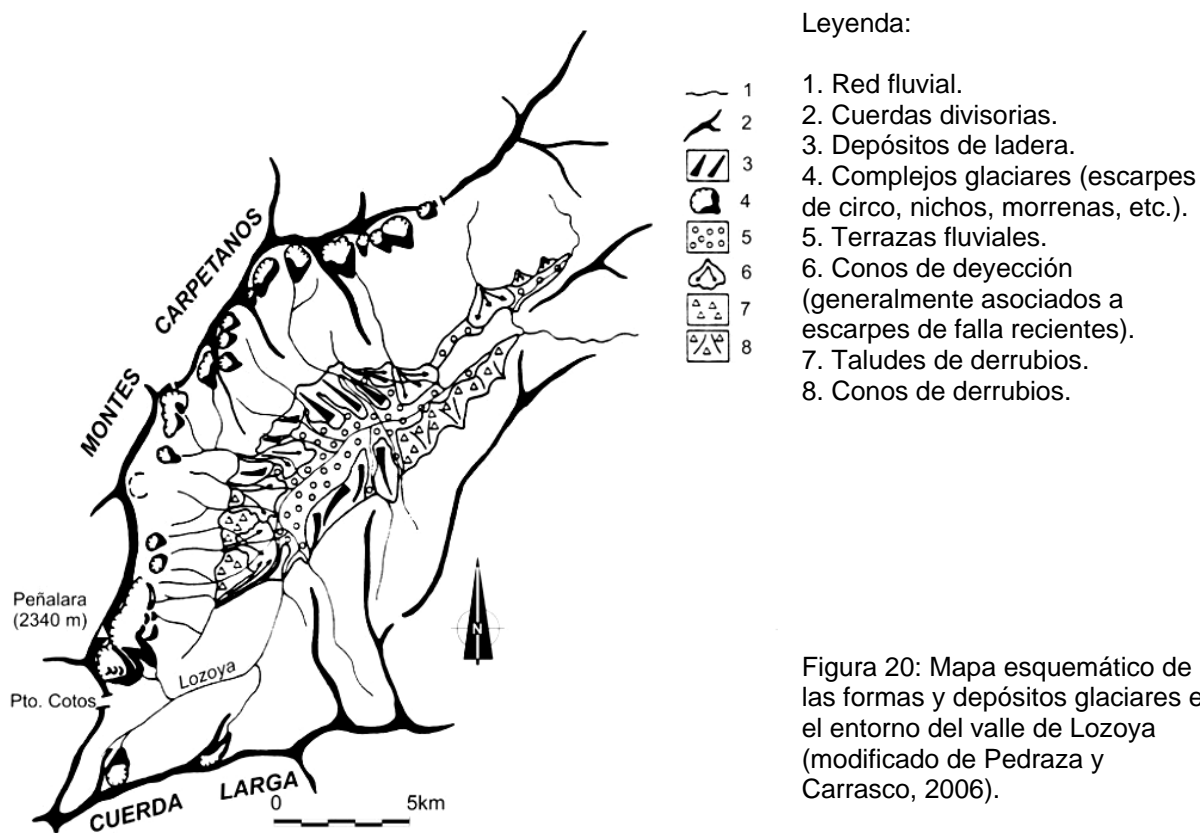


Figura 20: Mapa esquemático de las formas y depósitos glaciares en el entorno del valle de Lozoya (modificado de Pedraza y Carrasco, 2006).

Todas estas evidencias de que en esta zona de la sierra hubo glaciares son una prueba más de que a lo largo de la historia de la Tierra ha habido cambios climáticos. La presencia de glaciares indica que la nieve no se derrite toda de un año para otro, sino que se acumula cada año un poco, compactándose progresivamente para dar lugar al hielo. Si el hielo se va acumulando durante cientos de años, entonces empieza a fluir por su propio peso dando lugar a los glaciares. Para desconuelo de los que les gusta la escalada en hielo, ahora eso ya no ocurre: cada año se funde toda la nieve.

En la Parada 2 ya pudimos comprobar que el clima en el centro de la Península Ibérica fue muy diferente en el pasado, pues vimos que hace 80 millones de años, en el Cretácico, era mucho más cálido, de tipo tropical húmedo, como el clima actual del Caribe. En ese caso sabemos que la microplaca ibérica estaba situada en latitudes algo más bajas, más tropicales, así que esa podría ser la causa. Pero en el caso de los glaciares que hubo enfrente nuestro hace unos miles de años, la Península Ibérica no se ha desplazado durante este tiempo, así que en este caso no hay más remedio que buscar otra causa para el cambio climático. Y como sabemos que en otros muchos lugares del planeta hubo un fuerte enfriamiento del clima al empezar el Cuaternario, pues deducimos que fue algo global. A lo largo del Pleistoceno, o sea, durante el primer millón y pico de años del Cuaternario, ha habido varias glaciaciones y periodos interglaciares. De hecho, el Holoceno, que es el periodo geológico en que nos encontramos ahora (los últimos 12.000 años), no es más que otro periodo interglaciar más, dentro de un contexto general de glaciaciones sucesivas. El último periodo interglaciar importante fue hace unos 125.000 años. Incluso dentro del Holoceno, en el hemisferio norte ha habido fases de calentamiento, como ocurrió en la Edad Media con el Óptimo Climático Medieval o Periodo Cálido Medieval, durante los siglos IX a XII, y de enfriamiento, como ocurrió en la llamada Pequeña Edad del Hielo (siglos XV a XIX). El estudio de los climas del pasado, lo que se llama la paleoclimatología, nos ayuda a comprender el cambio climático

actual, deducir en qué medida es causado por el hombre o no, y poder predecir sus consecuencias.

Por el camino

Retomamos la M-611 hacia el norte y al poco tiempo (menos de 1 km) podremos observar a la derecha una de esas zonas de turberas y pastos que mencionábamos como características de estas zonas de paramera con mal drenaje. Por un lado, las rocas del sustrato son poco permeables, así que el agua de lluvia no se infiltra demasiado bien. Por otro lado, como la erosión remontante de los ríos Lozoya, Canencia y Miraflores no ha alcanzado hasta aquí, no hay una red de drenaje bien desarrollada, así que el agua de lluvia y deshielo que no consigue infiltrarse se va acumulando, dando lugar a encharcamientos.

En la bajada hacia Rascafría, la cabaña y vallados de piedra en el fondo del angosto valle que vamos siguiendo nos demuestran el aprovechamiento tradicional de los recursos naturales que hacían los ganaderos de la zona. Algo más adelante, en torno al punto kilométrico 23,2 de esta M-611, hay un pequeño aparcamiento a la derecha que nos permite detenernos y observar la panorámica del extremo nordeste del valle de Rascafría y Lozoya (Figura 21).



Figura 21: Panorámica del valle de Lozoya desde la carretera del Puerto de La Morcuera a Rascafría, indicando cómo el relieve está condicionado por la estructura geológica.

Continuando la bajada, el cambio de pendiente de la cuesta al llano nos marca la entrada en la fosa tectónica de Lozoya, y que por lo tanto hemos pasado por encima de la falla inversa (cabalgamiento) que separa este bloque hundido del bloque levantado de Cuerda Larga - Morcuera por el que veníamos.

Llegando a Rascafría, y si vamos bien de tiempo, existe la posibilidad de hacer una visita a uno de los afloramientos de calizas cretácicas que también hay en esta fosa tectónica, similar al que vimos en la Parada 2, dentro de la fosa de Cerceda-Guadalix. Para ello tenemos que tomar a la izquierda en Rascafría en dirección al Puerto de Cotos, y una vez pasado el Monasterio del Paular, en torno al punto kilométrico 28,2 de esta carretera M-604, podemos ver a la izquierda varios buenos afloramientos de estas calizas. El vehículo lo podemos dejar sin problema cerca de la entrada al aparcamiento del área recreativa de Las Presillas e ir andando desde allí por la cuneta de la carretera unos cientos de metros. Otra alternativa es dejar el vehículo un poco antes de llegar al afloramiento, en la entrada a una finca que hay a la derecha, aunque después lo tendremos difícil para poder dar la vuelta y continuar con el recorrido del itinerario. En cualquier caso, debemos tener mucho cuidado, porque es una carretera que los fines de semana tiene mucho tráfico.

En las figuras 4, 8 y 12 podemos hacernos una idea de la estrecha relación que existe entre todos estos afloramientos de rocas del Cretácico, representadas en verde en estas figuras.

Para comprenderlo debemos tener en cuenta que originalmente se depositaron como una sola formación geológica en forma de gran capa continua sobre el fondo del mar. La extensión de esta capa de oeste a este iba desde Segovia a Valencia pasando por Madrid, Guadalajara, Cuenca y Albacete, en lo que entonces era el mar del Tethys. Evidentemente, el Sistema Central todavía no se había levantado, ni tampoco la Cordillera Ibérica. Fue unos millones de años después, en el Terciario y a raíz de la Orogenia Alpina, cuando la colisión de la microplaca ibérica con África no sólo originó la formación de las Cordilleras Béticas en su borde sur, sino que también afectó al interior de la microplaca, dando lugar al levantamiento del Sistema Central. En la siguiente parada veremos cuál fue uno de los primeros resultados de este levantamiento de la corteza terrestre.



Figura 22: Afloramiento de calizas y dolomías del Cretácico superior en la carretera de Rascafría al Puerto de Cotos. Visita alternativa entre las paradas 4 y 5.

Parada 5

Lugar

Corte de la carretera pasado el desvío a Alameda del Valle.

Acceso

Desde la Parada 4 bajamos a Rascafría y, al llegar a este pueblo, tomamos la M-604 hacia la derecha (hacia Lozoya). Nada más pasar el desvío a Alameda del Valle, en la curva del punto kilométrico 21,8 de la carretera M-604, aparcamos a la derecha saliéndonos del arcén (mira la foto aérea de la Figura 23). El espacio disponible para aparcar es escaso y sería deseable que con el tiempo se amplíe y se suavice el escalón, para poder visitar este excelente corte estratigráfico y punto de interés geológico de la Comunidad de Madrid. Mientas tanto, insistimos en lo de siempre: chaleco reflectante reglamentario, mucho cuidado con el tráfico, e insistir a las autoridades políticas y administrativas en que faciliten el aprovechamiento turístico-didáctico con infraestructura adecuada.



Figura 23: Esquema de acceso a la Parada 5, en el entorno de Alameda del Valle.

Material y edad

Conglomerados oligomícticos, areniscas y lutitas del Paleógeno (65-25 millones de años).

Características

El corte de la carretera lo podemos ver en su conjunto desde el mismo lado en que aparcamos, o más de cerca cruzando a ver las rocas en la cuneta opuesta. Como el tráfico en esta carretera es bastante intenso, para cualquier maniobra arriesgada que hagamos con el vehículo y para el acceso a la cuneta deberemos llevar siempre chaleco reglamentario y tener alguna persona encargada de controlar y avisar.

A lo largo de la cuneta y del afloramiento del corte de la carretera podemos ver conglomerados con cantos compuestos de *rocas sedimentarias* de carbonato (caliza y dolomía), aunque también hay algunos cantos de arenisca, cuarcita y cuarzo. Estos cantos están agrupados en capas que tienen una forma peculiar: por debajo tienen un límite neto y se apoyan sobre capas de lutita, y hacia los lados se adelgazan llegando a desaparecer. El límite que se observa entre las lutitas y el conglomerado es lo que en geología se llama un contacto erosivo. ¿Qué significa esto? Pues, simplemente, que antes de que se depositaran los cantos del conglomerado, el agua había erosionado las lutitas y formado un hueco en forma de cauce que fue rellenado por la arena y grava de cantos que después, tras el enterramiento, dio lugar al conglomerado. Como siempre, la erosión del agua tiene lugar en el fondo y los laterales del cauce de un río o canal fluvial, y por eso a este tipo de "capa con forma de cauce" se le suele llamar paleocanal, o sea, un antiguo canal fluvial.



Figura 24: Afloramiento de conglomerados, areniscas y lutitas del Paleógeno cerca de Alameda del Valle.

Origen

Igual que en la Parada 2, aquí también vemos capas de rocas sedimentarias depositadas en el agua. Sin embargo, en lugar de capas de carbonatos marinos, esto son capas de conglomerados con cantos de gran tamaño y capas de lutitas con granos muy finos (limo y arcilla). En otras palabras, en el Paleógeno, cuando estas rocas se depositaron, el mar ya se había retirado, y en su lugar había llanuras aluviales con depósitos de inundación (las lutitas), atravesadas por cauces fluviales con depósitos que los iban rellenando (los conglomerados y areniscas). Las aguas de estos ríos, y el material que iban transportando, procedían de relieves cercanos. Esto lo sabemos porque los cantos están poco redondeados y tienen tamaños que pueden llegar a ser bastante grandes. Esto significa que el transporte no fue muy largo, puede que sólo unas decenas de kilómetros.

Los conglomerados reciben diferente "apellido" según el tipo de cantos que tengan: los de cantos de una sola composición se llaman monomícticos; cuando hay varias composiciones y una predomina claramente sobre las otras, como ocurre en este caso, se llaman oligomícticos, y si hay cantos de muchas composiciones sin que predomine ninguna en especial, entonces se llaman polimícticos. Esto, que puede parecer una información que no sirve para nada, sí tiene su importancia. Los cantos proceden de la erosión, transporte y sedimentación de otras rocas, y por tanto nos dan una idea de la composición del sustrato que se estaba erosionando cuando se formó el depósito. En este caso, lo que afloraba en el área fuente de donde venían los ríos eran fundamentalmente calizas y dolomías. Lo sabemos porque es de lo que están hechos los cantos que más abundan en los conglomerados. En concreto, lo que se estaba erosionando era la misma formación que vimos en la Parada 2 (y también entre las paradas 4 y 5, si es que hicimos la parada alternativa por el camino). Viendo la Figura 4 podrás comprender de dónde venían esos ríos: precisamente de los relieves del Sistema Central que ya se habían empezado a levantar. Lo que recubría por encima esos bloques levantados era lo último que se había depositado en el Cretácico, o sea, los carbonatos, y por eso fue lo primero que se empezó a erosionar y a depositarse en las fosas tectónicas que había al lado. Más tarde, con el progresivo aumento de los relieves, se empezó a erosionar también lo que había debajo: gneis, granito, etc. El conglomerado resultante sería polimíctico, como los que se pueden observar en la Parada 2 (El Espartal) del itinerario geológico por el norte.

Parada 6

Lugar

Corte de la carretera entre Alameda del Valle y Lozoya.

Acceso

Continuando unos kilómetros más por la misma carretera M-604 hacia Lozoya, dejamos el afloramiento de la parada a la izquierda en torno al punto kilométrico 18,7 y aparcamos a la derecha unos cientos de metros más adelante, en torno al punto kilométrico 18,3 (mira la foto aérea de la Figura 25). Sería deseable que con el tiempo se facilite un espacio para aparcar y poder visitar este excelente afloramiento de una de las fallas inversas que delimitan y dan lugar a la fosa de Lozoya, un punto de interés geológico de la Comunidad de Madrid. Mientras tanto, insistimos en lo de siempre: chaleco reflectante reglamentario, mucho cuidado con el tráfico, e insistir a las autoridades políticas y administrativas en que faciliten el aprovechamiento turístico-didáctico con infraestructura adecuada.



Figura 25: Esquema de acceso a la Parada 6, entre Alameda del Valle y Lozoya.

Material y edad

Gneises del Paleozoico en contacto mediante una falla inversa sobre lutitas rojas del Paleógeno.

Características

Estamos ante uno de los pocos lugares de la Comunidad de Madrid en que se puede reconocer una de las fallas que limitan los bloques levantados y hundidos que dan lugar al Sistema Central. Otro ejemplo está cerca de Villa del Prado, en la Parada 4 del itinerario geológico por el suroeste.

En esta parada el afloramiento de la trinchera de la carretera se extiende por unos 200 metros y en él se deduce la existencia de una falla inversa, es decir, una fractura de las rocas según la cual el bloque que sube se pone encima del que baja. El resultado es que se dispone lo más antiguo sobre lo más moderno, en este caso el gneis del Paleozoico sobre las lutitas del Paleógeno. Esto es algo que contradice uno de los principios básicos de la geología (y de la lógica), que es el principio de la superposición de estratos: los estratos que están más abajo son más antiguos que los que están arriba. Parece lógico, ¿verdad? Las capas de las tartas se ponen de abajo arriba, y cuando se nos cae algo, lo primero que cae estará debajo de lo que cae después. Entonces, ¿es que falla la ciencia? No. Lo que pasa es que ese principio sólo se aplica a las rocas sedimentarias depositadas en estratos muy continuos y horizontales, y sobre todo si después no les afecta ningún pliegue o falla. O sea, que el principio falla cuando hay fallas.

Las características e interpretación del gneis son similares a las del que vimos en la Parada 3, así que te remitimos a lo explicado entonces. En cuanto a las lutitas, son una mezcla de sedimentos finos (limo y arcilla) y por tanto sólo se pueden depositar cuando la corriente de agua que las transporta pierde velocidad o se detiene. Las arenas y gravas no necesitan que la corriente se detenga del todo para depositarse, y por eso las encontramos rellenando los

canales fluviales, como en la parada anterior. Con que disminuya la corriente es suficiente para que el agua siga y los granos de arena y cantos de grava se queden en el fondo. En cambio, las lutitas fluviales y lacustres sólo se depositan cuando la corriente de agua se para del todo. Al proceso se le llama decantación. ¿Y cuándo se detiene el agua de un río? Pues hay dos posibilidades: o se seca, o se sale del cauce (se desborda) y entonces queda estancada en la llanura que hay al lado. No hay que sorprenderse si a la vega de un río le llamamos llanura de inundación, porque es así: la llanura fluvial que hay junto a los ríos, su vega, suele inundarse cada ciertos años. Gracias a ello es tan fértil, y gracias a ello se van rellenando los huecos y desniveles de la llanura, y se va quedando plana. Así que, estas lutitas rojizas, cuando acompañan a conglomerados y areniscas como los que vimos en la parada anterior, suelen ser depósitos de llanura de inundación o lacustres, depositados por decantación al detenerse el agua en la que estaban siendo transportados.

Figura 26: Afloramiento de la falla inversa que pone a los gneises del Paleozoico (bloque levantado de los Montes Carpetanos) sobre las lutitas del Paleógeno (bloque hundido de la fosa tectónica de Lozoya).



Por el camino

Continuamos por la carretera M-604 hacia el norte y pasamos de largo Lozoya en dirección a la A-1. Por el camino, en torno a Lozoya, estamos rodeando el embalse de Pinilla, cuya presa aprovecha el relieve originado por la falla inversa del otro lado de la fosa tectónica de Lozoya. Aunque no las veremos desde la carretera, en ese otro lado del embalse afloran las calizas y dolomías del Cretácico, y en algunos de estos afloramientos se encuentran los yacimientos paleontológicos y arqueológicos del Calvero de la Higuera (la Cueva del Camino, el Abrigo de Navalmaíllo, la Cueva de la Buena Pinta, etc.), con restos de homínidos y de otros animales vertebrados del Pleistoceno superior inicial. El lugar, también conocido como yacimiento de Pinilla del Valle, está declarado como Bien de Interés Cultural en la categoría de Zona Arqueológica y Paleontológica, y es el único de la Comunidad de Madrid en el que se han encontrado restos de homínidos tan antiguos, en concreto dos molares de *H. neanderthalensis*.

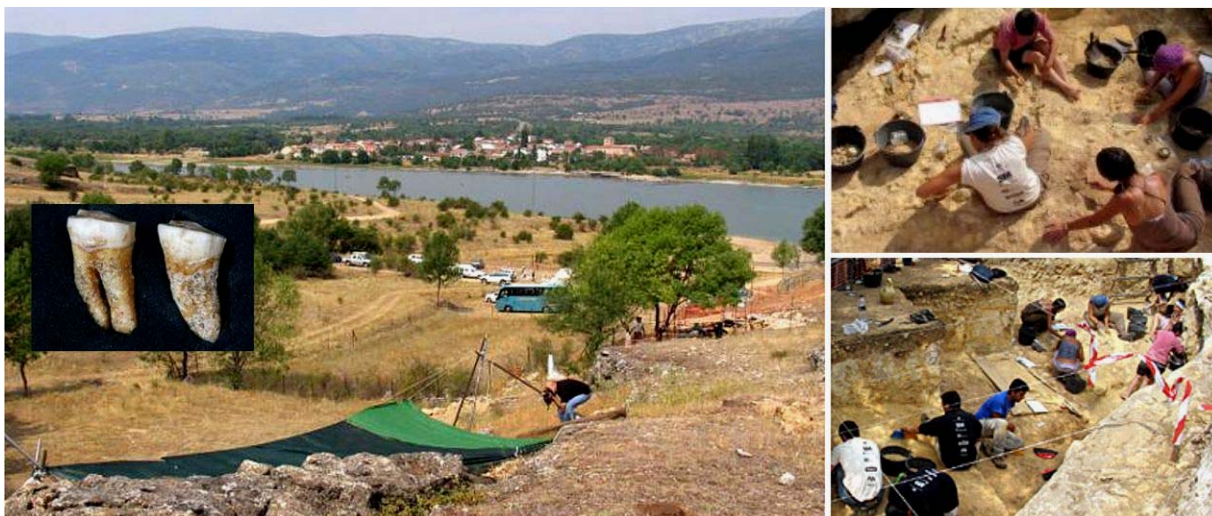


Figura 27: Excavaciones en el yacimiento paleontológico y arqueológico de Pinilla del Valle durante los veranos de 2007 y 2008, y aspecto de los dos molares de *Homo neanderthalensis*.

Parada 7

Lugar

Entorno del puente del Congosto, sobre el río Lozoya.

Acceso

Desde la Parada 6 seguimos por la carretera hacia Lozoya, pasando de largo hasta llegar al punto kilométrico 11,8 de la M-604, en que aparcamos a la derecha en la entrada de un camino (mira la foto aérea de la Figura 28). El espacio disponible para aparcar es escaso y sería deseable que con el tiempo se amplíe y se suavice el escalón, para poder acceder y visitar este excelente punto de interés geológico de la Comunidad de Madrid. Mientas tanto, deberemos tener mucho cuidado con el tráfico, e insistir a las autoridades políticas y administrativas en que faciliten el aprovechamiento turístico-didáctico con infraestructura adecuada. Entrando por el camino, tendremos que pasar una puerta que debe quedar cerrada (hay ganado suelto), y luego tomar el camino que sale a la derecha, bajando rápidamente hacia el río.

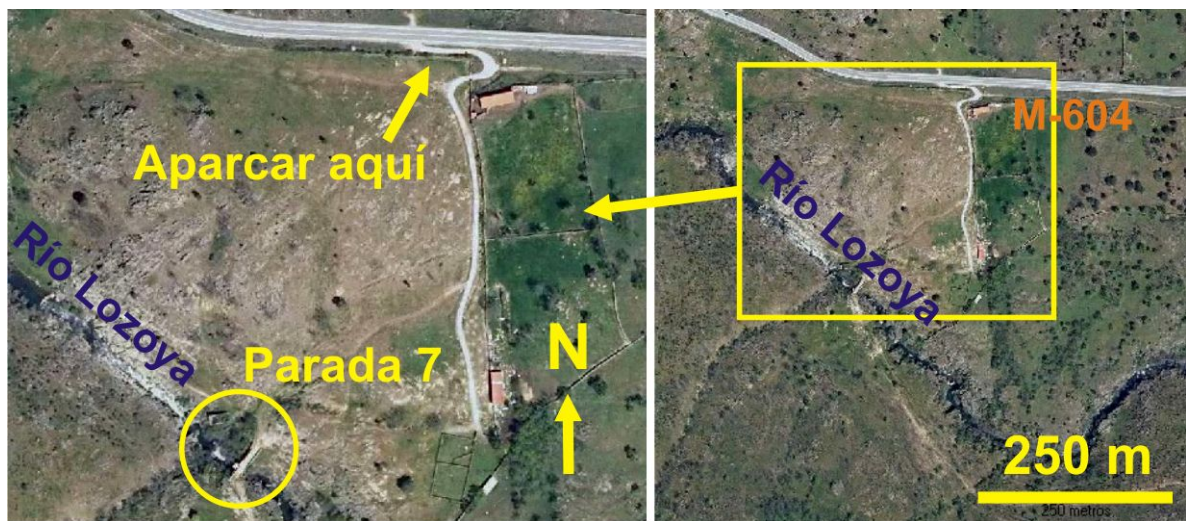


Figura 28: Esquema de acceso a la Parada 7, en el entorno del puente del Congosto.

Material y edad

Gneis del Paleozoico (protolito del Ordovícico y metamorfismo del Carbonífero).

Características

Al llegar al río veremos a la derecha los restos de un antiguo molino que aprovechaba la energía hidráulica originada por la diferencia de altura como resultado del encajamiento del río Lozoya. Hacia el oeste, siguiendo la margen izquierda, podemos ver lo que queda del canal excavado en la roca para llevar el agua hasta el molino manteniendo la altura. El camino continúa sobre el puente del Congosto, también llamado Puente Canto o Puente de la Horcajada. Está construido sobre una estrecha garganta en un entorno de gran belleza. Se trata de una construcción del siglo XII, en mampostería muy tosca, cimentada directamente sobre el gneis y tiene una bóveda de medio punto con seis metros de luz (Figura 29).

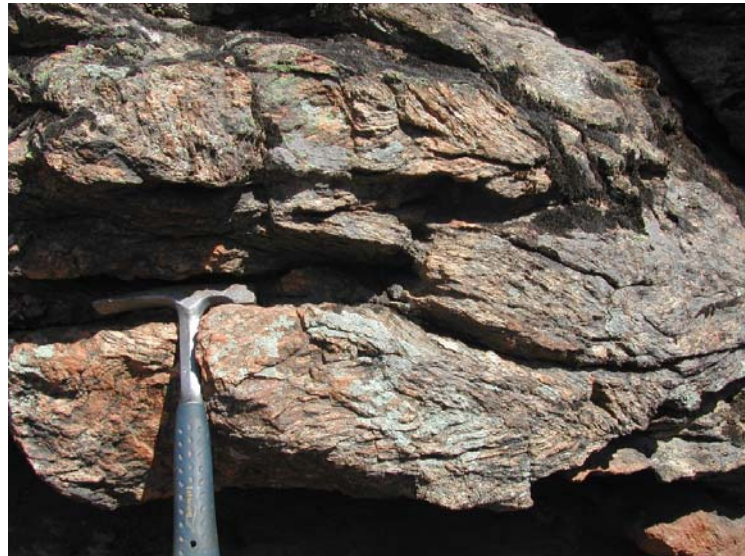
Otro aspecto interesante en el que debemos fijarnos en esta parada es la forma en que se produce y se ha producido ese encajamiento del río Lozoya. En unos 300 m pasa, de no estar nada encajado, a discurrir por el fondo de una garganta de unos 6 u 8 metros de profundidad, según los lugares. Tanto el proceso como el resultado de la excavación son muy interesantes y se basan en el desarrollo de una curiosa morfología erosiva que se llama marmitas de gigante. El proceso lo podemos ver actuando en vivo y en directo sobre el fondo del cauce en el tramo aguas arriba del puente, y el resultado lo podemos ver en las paredes del cauce encajado aguas abajo del puente.

Por último, otra cosa interesante en esta parada son los excelentes afloramientos del gneis. Podemos verlos junto al río, tanto aguas arriba como aguas abajo del puente, donde la roca ha quedado pulida por la abrasión y deja ver todos los detalles de la roca (tamaño de los minerales, disposición, grosor y forma de las bandas, etc.). También los vemos, en el pequeño escarpe del rellano a la izquierda del puente, que nos permite observar buenos ejemplos de repliegues (Figura 29).



Figura 29: Aspecto del puente medieval del Congosto, construido con gneis sobre el río Lozoya y cimentado sobre gneis.

Figura 30: Aspecto del gneis, con repliegamientos formados durante la deformación del protolito en el Carbonífero (Orogenia Varisca).



Origen

El proceso de formación de las marmitas de gigante se basa en la presencia de remolinos y turbulencias en la corriente de agua debido a las irregularidades del fondo del cauce. La arena y cantos que arrastra el agua van desbastando la roca, erosionándola poco a poco. Cuando un remolino de agua queda estabilizado entre las rocas o junto a la pared, se mantiene la abrasión sobre el fondo, localizada de forma que va profundizando cada vez más hasta formar un hueco circular. Cuando disminuye la corriente, se depositan los cantos y arena que hacían el desbastado dentro del hueco. Al aumentar la corriente en la siguiente avenida, los vuelve a poner en movimiento, y aunque algunos pueden escapar del hueco, otros de los que llegan se quedan atrapados dentro, manteniendo la abrasión sobre el fondo. Después de actuar durante miles de años, el resultado son huecos con tendencia a ser redondeados y que pueden alcanzar gran tamaño según la fuerza de las corrientes, la resistencia del material, su homogeneidad o heterogeneidad, etc. Según van profundizando, algunos de ellos pueden llegar a parecer grandes marmitas o calderos, y por eso se les llama marmitas de gigante. Estas formas de erosión suelen ser frecuentes en aquellos lugares en que el cauce tiene

mayor pendiente y aumenta localmente la velocidad del río, generalmente como parte del proceso de erosión remontante de los ríos en su continua búsqueda del perfil de equilibrio (o sea, de la mínima pendiente adaptada a las condiciones del entorno).

Figura 31: En la pared del cauce del río Lozoya, aguas abajo del puente del Congosto, se observan las huellas que dejó el proceso de excavación y profundización de las marmitas de gigante.



Figura 32: Aguas arriba del puente del Congosto, el río Lozoya se está encajando actualmente en el gneis mediante la formación de marmitas de gigante.

En cuanto al gneis, es una roca metamórfica en la que los minerales originales han sufrido tantos cambios que están prácticamente irreconocibles. Por eso a veces es muy difícil reconocer el protolito, o sea, la roca que había originalmente, antes del metamorfismo. Al estar sometido a muy altas temperaturas y presiones en el interior de la corteza terrestre, los minerales sufren transformaciones y se adaptan a las nuevas condiciones. El gneis tiene casi los mismos minerales que el

granito, pero se caracteriza por presentar bandas delgadas de diferente composición, ya sea con más cuarzo, más feldespatos o más micas. A veces también presenta cristales grandes de feldespato que se conocen como glándulas o porfiroblastos, y que dan lugar a los llamados gneises glandulares (mira la Figura 17).

Las manchas rojizas y anaranjadas se deben a la oxidación e hidratación de minerales de hierro como la pirita, la biotita o la magnetita, para dar lugar a otros minerales como hematites, goethita o limonita (óxidos de hierro, respectivamente nada, poco o muy hidratados). Las bandas del gneis están replegadas debido a la compresión y deformación originada por la

tectónica (o sea, a los movimientos dentro de las placas de la corteza terrestre) cuando la roca estaba en profundidad. También son frecuentes pequeños diques de pegmatita y vetas de cuarzo, como resultado de las transformaciones minerales y migración de compuestos químicos en disolución durante el metamorfismo y deformación de la roca. Se trata de grietas o fracturas formadas cuando la roca estaba en profundidad, y que se fueron abriendo y rellenando con minerales similares a los del gneis, pero con cristales mucho más grandes. De todo ello se pueden ver ejemplos en esta parada.

Por el camino

Retomando la carretera M-604 en dirección a la A-1, pasamos bajo la vía del tren y cruzamos el río Lozoya, para a unos 500 m tomar el desvío a la derecha hacia Canencia. La subida al puerto se realiza atravesando algunos bosques en buen estado. Es interesante la presencia del roble melojo o rebollo (*Quercus pyrenaica*), que nos indica que el sustrato sobre el que se asientan los bosques es de material (roca o sedimento) de tipo silíceo (silicatos), como el granito y el gneis. Sólo con el tipo de árbol no sabemos qué roca exactamente es la que hay debajo, pero sí podemos estar seguros de que no se trata de yeso, caliza o dolomía. Si fuera así, habría otros árboles, tales como quejigos o encina, acompañados también de su cohorte de pequeñas plantas adaptadas a un suelo más rico en iones disueltos. Pero no podría haber melojo, porque no soporta los suelos básicos. Es sólo un ejemplo más de la relación que hay entre sustrato geológico y vegetación.

Parada 8

Lugar

Área recreativa en las cercanías del Puerto de la Morcuera.

Acceso

Desde la Parada 7 continuamos por la carretera M-604 en dirección a la A-1, pasado debajo de la vía del tren y cruzando el río Lozoya. A unos 500 m del puente, tomamos el desvío a la derecha hacia Canencia por la M-629, pasando el pueblo y continuando hacia arriba hasta un poco antes de llegar al puerto, que tomaremos el desvío a la izquierda para entrar en el Área Recreativa (mira la foto aérea de la Figura 33).

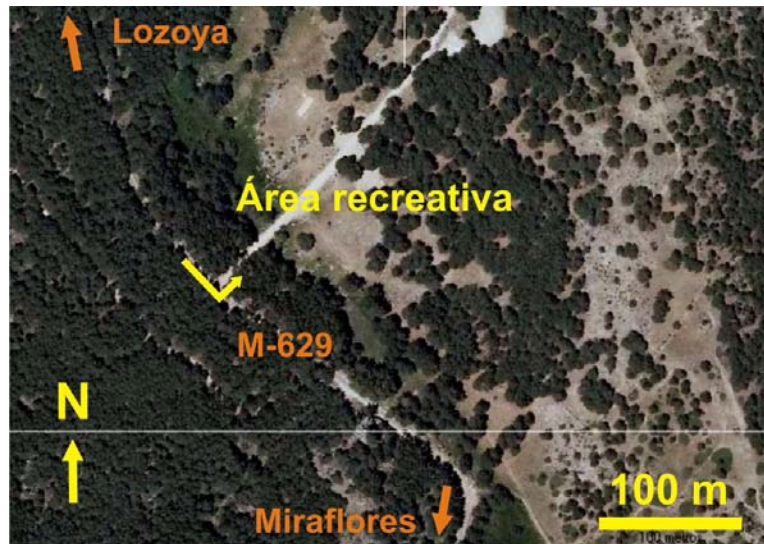


Figura 33: Esquema de acceso a la Parada 5, en el entorno de Alameda del Valle.

Material y edad

Granito del Paleozoico superior (310-290 millones de años).

Características

El objetivo de esta parada es ver un tipo de granito, los minerales que lo forman, su tamaño de grano, su grado de alteración, etc. Al mismo tiempo, veremos algunos usos que se han dado a esta roca, como el que vemos en la foto. En las canteras de la zona (Valdemanco, La Cabrera) se explota el granito como materia prima para la construcción.

Origen

El granito se forma por la solidificación y consolidación de un magma por enfriamiento en la corteza terrestre. Esto significa que antes de enfriarse era un fluido viscoso y muy caliente (más de 800°C), como la lava volcánica, pero sin salir a la superficie. El granito se ha enfriado lentamente y en profundidad, dando tiempo a que crezcan los cristales de minerales. Esto hace que los podamos ver claramente a simple vista, sin necesidad de lupa, mientras que en las lavas volcánicas a veces son muy pequeños porque no les ha dado tiempo a crecer. Como el enfriamiento y la solidificación del granito duran tanto (miles de años), da tiempo a que se vayan formando unos minerales antes que otros, y a que haya cambios en la composición final. Las diferentes temperaturas y composiciones dan lugar a diferentes tipos de granito, de grano más grueso o más fino, con mayor o menor cuarzo, feldespatos, micas, etc. Los feldespatos suelen ser potásicos (ortosa, microclina) o plagioclasas (albita, andesina).

Los granitos de la zona entre Canencia y La Cabrera se pueden agrupar en dos tipos generales dentro del mismo plutón. Un tipo más claro y de grano más fino, con mayor proporción de cuarzo y minerales félsicos (feldespatos y moscovita), se llama leucogranito, y es más resistente a la erosión, dando relieve más agreste y con bloques más angulosos. El

otro es algo más oscuro y de grano más grueso, con menos proporción de cuarzo y mayor de minerales máficos (biotita, anfíboles), se llama monzogranito y es menos resistente a la erosión. El que vemos aquí es de este último tipo, en concreto de grano medio.

Figura 34: Granito del Puerto de Canencia, aprovechado para hacer una fuente.



Una característica del granito es que suele ser homogéneo y no presenta estratos o bandas como los que hemos visto en las paradas anteriores. Por lo tanto, los únicos planos de debilidad para la alteración de sus minerales suelen ser los planos de fractura. Entre varios planos de fractura que limiten un gran bloque de granito, la alteración de los minerales progresa desde la fractura, que es por donde circula el agua, hacia el interior del bloque. Esto da lugar a frentes concéntricos de avance de la alteración. La roca alterada pierde la cohesión y los granos se desmoronan, haciendo que no sea apropiada para la construcción. Evidentemente, si se erosionara después de alterarse bajo tierra, entonces la parte del granito próxima a las fracturas, que es la más alterada y deleznable, sería arrastrada por el agua. Después de la erosión quedarían sólo

formas redondeadas como las que vemos en el entorno del Área Recreativa y hasta la zona del puerto. Cuando la forma es bien redondeada se les llama berruecos, y suelen ser frecuentes en algunas áreas graníticas como La Pedriza y La Cabrera. En cambio, los diques de pegmatita, las venas de cuarzo y los enclaves (gabarros) suelen ser más resistentes a la erosión y dan morfologías que destacan sobre el fondo granítico.

El erosionarse el granito se separan los cristales que lo formaban, originándose granos de cuarzo, feldespato o mica. Además, la alteración de los feldespatos y micas da lugar a minerales de arcilla de muy pequeño tamaño que son fácilmente arrastrados por el agua y alcanzan grandes distancias pues viajan en suspensión y tardan mucho en caer al fondo. Igual ocurre si los arrastra el viento, en cuyo caso las distancias pueden ser de cientos y miles de kilómetros viajando suspendidos en el aire. Un ejemplo conocido es el polvo del Sáhara en épocas de calima. Así que... ¡ya sabes de qué está hecho una gran parte del polvo que entra en tu casa!

Por el camino

De vuelta a Miraflores de la Sierra y Madrid, seguimos atravesando por granitos primero, y después por gneises, bajando gradualmente desde los bloques de la sierra hacia la cuenca sedimentaria. Seguro que, según vuelves a Madrid, ya serás capaz de reconocer los bloques levantados y hundidos que han condicionado la formación de la sierra y de la cuenca de Madrid, con los escarpes o cambios de relieve que los limitan. Y también podrás reconocer, a simple vista, si los afloramientos rocosos son de granito (bolas redondeadas grises), de gneis (formas más aplanadas y oscuras) o de carbonatos (capas claras).

PARA SABER MÁS

Mapas geológicos

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) publica mapas geológicos y geomorfológicos. Cada itinerario de esta guía atraviesa diferentes hojas a escala 1:50.000, que puedes utilizar para conocer más detalles sobre las unidades geológicas por las que pasa el itinerario, su edad, composición, etc. Las imágenes escaneadas de los mapas geológicos (archivos de tipo JPG) pueden descargarse gratuitamente desde la página web del IGME en <http://www.igme.es/internet/cartografia/portada/sig.htm>

En esa misma página web también puedes bajarte los mapas geocientíficos de la Comunidad de Madrid, cada uno de los cuales cubre un aspecto diferente: arqueología, energía solar, erosionabilidad e inundabilidad, espacios Naturales, geología, geotecnia, hidrogeología, peligrosidad geológica, recursos geoculturales, minerales y rocas industriales, síntesis geocientífica, suelo y vegetación, unidades fisiográficas y vulnerabilidad a la contaminación.

Los mapas geológicos a escala 1:50.000 que corresponden a este itinerario son las hojas **483 (Segovia)**, **484 (Buitrago del Lozoya)** y **509 (Torrelaguna)**. Cada mapa geológico y geomorfológico junto con su memoria explicativa puedes comprarlo en la tienda del IGME (Servicio de Publicaciones), en la calle Cristóbal Bordinu 34, 28003 Madrid, teléfonos 913495730 y 913495750, de lunes a viernes y solo por las mañanas de 9:00 a 13:00. Más información en <http://www.igme.es>

Otros lugares en Madrid donde se pueden comprar mapas topográficos y geológicos son:

- La Casa del Mapa (Centro Nacional de Información Geográfica), General Ibáñez de Íbero 3, 28003 Madrid, teléfono 915979644 y fax 915532913. Sólo abre por las mañanas de 8:30 a 14:00. Más información en <http://www.cnig.es/>

- La Tienda Verde, calle Maudes 38, 28003 Madrid, teléfono 915330791 y 915343257 y fax 915336454 y 915333244. Más información en <http://www.tiendaverde.es/>

- Comercial Liber 2000, calle Mar de la Sonda 8 (bajo dcha.), 28033 Madrid, teléfono 913821074 y fax 913821078.

- Reydis Libros, calle Hierbabuena 35 (bajo), 28039 Madrid, teléfono 913116682 y fax 913116667.

Fotos aéreas e imágenes de satélite

La Comunidad de Madrid ofrece buenas fotos aéreas de diferentes fechas, disponibles en: <http://gestiona.madrid.org/nomecalles/> Si cambiamos la base de datos de fotos aéreas que se utiliza como fondo, y comparamos las fotos de diferentes años, podremos identificar los cambios que ha sufrido una zona desde 1956 hasta la actualidad.

El visor GeoMadrid está desarrollado por la empresa Tres Cantos S.A. para la Comunidad de Madrid, y permite ver el aspecto de toda la comunidad en el año 2007, con imágenes georeferenciadas (ortoimágenes con coordenadas) y hasta una escala de 1:5.000. Está disponible en: <http://www.trescantossa.com/geomadrid/Navegar.aspx>

También existe un visor nacional disponible en <http://www.mapa.es/es/sig/pags/sigpac/intro.htm>, y un visor para cada comunidad, donde el de Madrid es <http://www.madrid.org/sigpac/>

El portal Google de internet ofrece imágenes de satélite y fotos aéreas con una resolución muy buena para algunas zonas. Para ello hay que instalarse un programa gratuito que está disponible en <http://earth.google.com/>

En <http://www.goolzoom.com/> puedes encontrar un compendio de imágenes y mapas (*mashup*) que fusiona Google Maps y Google Earth con el Catastro Español, el SigPac, ortofotos del PNOA, mapas del IGN y otros mapas de carácter público, unificando y simplificando el acceso a la información territorial.

Glosario

Si en este glosario no encuentras la palabra, puedes buscarla en el 'Glosario geológico' de la página web del Colegio Oficial de Geólogos, en la dirección: http://www.icog.es/_portal/glosario/sp_search.asp Además, puedes consultar los libros sugeridos en la bibliografía, especialmente el 'Diccionario de Ciencias de la Tierra'.

Abanico aluvial: depósito de sedimentos que en conjunto presenta una forma de abanico o segmento de cono con mucho más diámetro que altura. Un abanico se forma cuando una corriente de agua que iba encajada en un relieve llega a una zona amplia y con menos pendiente. El resultado es una disminución de la velocidad de la corriente, con lo que se deposita el sedimento que arrastraba, el cual se desparrama formando un abanico con el extremo (ápice) situado cerca del relieve. Se llama abanico aluvial al que se forma por corrientes fluviales y aluviones procedentes de relieves montañosos. También existen abanicos submarinos.

Anatexia: proceso geológico de transformación de una roca en un magma.

Arcilla: el término arcilla puede hacer referencia al tamaño de grano o a la composición del sedimento. Por un lado, arcilla es un sedimento compuesto por granos de un tamaño de menos de 4 micras (o sea, menos de 4 milésimas de milímetro). Para hacerse una idea, los granos no se notan ni al tacto ni con la boca. Por otro lado, también se llama arcilla a los minerales del grupo de los silicatos con estructura en hojas (filosilicatos) y tamaño de grano muy pequeño (décimas a milésimas de milímetro). Son ejemplos la caolinita, la esmectita, la sepiolita. Hay que utilizar el término con cuidado, porque no todos los minerales del grupo de la arcilla son de tamaño arcilla, ni todos los minerales de tamaño arcilla son del grupo de las arcillas.

Arcosa: arenisca rica en feldespatos y con menos de un 75% (tres cuartas partes) de granos de cuarzo.

Arena: sedimento compuesto por granos sueltos (no cementados) de un tamaño entre limo y grava, es decir, entre 0,065 y 2 milímetros.

Arenisca: roca sedimentaria detrítica compuesta por granos de tamaño arena unidos por una matriz y/o cemento de grano más fino.

Argilita: roca sedimentaria detrítica compuesta por granos de tamaño arcilla.

Brecha: roca compuesta por fragmentos de otras rocas con predominio del tamaño grava. Brecha sedimentaria es la que se forma por procesos de sedimentación y brecha tectónica es la que se forma por procesos tectónicos.

Calcita: mineral compuesto de carbonato de calcio (CaCO_3) con estructura cristalina trigonal.

Caliza: roca sedimentaria compuesta principalmente por calcita.

Carbonato: compuesto químico o mineral en el que el anión principal es $(\text{CO}_3)^{2-}$.

Carbonático: que contiene carbonato en proporción elevada.

Cenozoico: era geológica que corresponde al tiempo transcurrido desde hace 65 millones de años hasta la actualidad. También hace referencia a las rocas formadas durante este tiempo. Equivale a lo que hasta hace poco se llamaba Terciario y Cuaternario, términos recientemente eliminados de la escala del tiempo geológico según la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas (IUGS, 2004).

Conglomerado: roca sedimentaria detrítica compuesta por granos de tamaño grava (más de 2 milímetros). Cuando los cantos son angulosos se le llama brecha sedimentaria.

Cretácico: último periodo del Mesozoico que corresponde al tiempo transcurrido desde hace 145 millones de años hasta hace 65 millones de años. También hace referencia a las rocas formadas durante ese tiempo.

Cristal: forma de un mineral. Cuando tiene espacio para crecer, refleja la estructura interna del mineral, y cuando no tiene espacio, la forma está condicionada por los cristales que le rodean.

Cuarzo: mineral compuesto de sílice (SiO_2) con estructura cristalina trigonal.

Cuarcita: roca metamórfica procedente del metamorfismo de una arenisca y compuesta por granos de tamaño arena predominantemente de cuarzo, y que están cementados por cuarzo, dando lugar a una roca muy dura y resistente a la erosión.

Cuaternario: término utilizado para referirse al tiempo transcurrido desde hace 1,8 millones de años hasta la actualidad. Incluye al Pleistoceno y al Holoceno. También hace referencia a las rocas formadas durante ese tiempo.

Cubeta sedimentaria y cuenca sedimentaria: zona deprimida del relieve que recibe sedimentos y permite que se acumulen. El término cubeta se refiere a una cuenca sedimentaria endorreica pequeña (rodeada por relieves elevados en todo su contorno y sin salida al mar).

Cuenca endorreica: cuenca hidrográfica o sedimentaria sin salida al mar.

Cuenca exorreica: cuenca hidrográfica o sedimentaria con salida al mar.

Depresión tectónica: zona de menor altura y relieve que su entorno y limitada por fallas en uno o varios de sus bordes.

Diaclasa: plano de rotura de una roca a lo largo del cual no hay desplazamiento entre los dos bloques que separa. Generalmente es de pequeña extensión (desde centímetros a decenas de metros).

Diagénesis: conjunto de procesos geológicos de transformación de los minerales de un sedimento o roca debido a cambios en la presión, la temperatura, los fluidos que circulan, etc. Puede resultar en litificación (transformación de un sedimento en una roca) mediante cementación, compactación, etc.

Diferenciación por cristalización fraccionada: separación de los minerales que van cristalizando en un magma según se va enfriando, generalmente porque se hunden por su propio peso dentro de la masa viscosa del magma. Los primeros que se forman suelen ser minerales máficos, y el magma queda empobrecido en esos componentes y enriquecido en otros (silicatos de sodio, potasio, calcio, etc.). Si una roca se solidifica a partir de este segundo magma, tendrá mayor proporción de minerales félsicos que la que se formó a partir del magma original.

Dolomía: roca sedimentaria compuesta principalmente por dolomita.

Dolomita: mineral compuesto de carbonato de calcio y magnesio con estructura cristalina trigonal.

Edáfico: relacionado con la alteración y modificación de la capa superficial del terreno como resultado de la acción de procesos químicos y físicos en función del clima, la vegetación y las características del sedimento o roca.

Época geológica: subdivisión de la escala del tiempo geológico de rango inferior al periodo. Ejemplos de épocas geológicas: Mioceno, Pleistoceno.

Era geológica: subdivisión de la escala del tiempo geológico de rango superior al periodo. Ejemplo de era geológica: Mesozoico.

Esquisto: roca metamórfica compuesta principalmente por micas visibles sin lupa (más de 1 mm), algunos otros minerales (por ejemplo, cuarzo), y caracterizada por la presencia de esquistosidad (propiedad de fracturarse según planos paralelos a las micas del esquisto).

Esquistosidad: propiedad de las rocas metamórficas de romperse por planos irregulares más o menos paralelos debido a la orientación preferente de los cristales de mica visibles sin lupa (más de 1 mm).

Estructura cristalina: la que forman los átomos de un compuesto cuando están ordenados formando una malla tridimensional con grupos de átomos que se repiten en una o varias direcciones. Un mismo compuesto puede dar lugar a diferentes estructuras cristalinas, y cada una de ellas será un mineral diferente (polimorfo).

Evaporita: roca que se disuelve fácilmente y que se puede formar por la evaporación del agua de lagos y mares. Son ejemplos el yeso y la halita (sal común).

Falla: plano de rotura de una roca con desplazamiento relativo entre los dos bloques que separa. Generalmente es de gran extensión (metros a kilómetros). Reciben diferentes nombres según el tipo de desplazamiento relativo.

Feldespato: mineral compuesto de tetraedros de sílice y alúmina (silicato aluminico) unidos en una estructura cristalina tridimensional que incluye diferentes cationes (sodio, potasio, calcio, etc.). Generalmente presenta colores claros. Ejemplos: ortosa (de potasio), albita (de sodio), anortita (de calcio).

Foliación: tipo de estructura bandeada que presentan los minerales que forman el gneis y otras rocas metamórficas de alto grado.

Fractura: plano de rotura en las rocas o sedimentos. Si hay desplazamiento se llama falla y si no hay desplazamiento se llama diaclasa.

Gneis: roca metamórfica compuesta principalmente por cuarzo, feldespato y mica, y que estuvo sometida a alta temperatura y presión en el interior de la corteza terrestre. Estos minerales forman un bandeo característico al que se denomina foliación.

Granito: roca plutónica compuesta principalmente de cuarzo, feldespato alcalino y plagioclasa en cantidades variables, generalmente acompañados también de hornblenda, biotita y otros minerales secundarios.

Granitoide: término genérico utilizado en la descripción de rocas en el campo para hacer referencia a rocas plutónicas de composición aparentemente similar a un granito, y pendiente de su confirmación una vez que se haya hecho el análisis químico, mineralógico y petrológico.

Grava: sedimento compuesto por granos y cantos de un tamaño mayor de 2 milímetros.

Holoceno: última época del periodo Neógeno de la era Cenozoica, y que corresponde al tiempo transcurrido desde hace 11.500 años hasta la actualidad (también se suele poner el límite en los 10.000 años). Para agrupar al Pleistoceno y Holoceno se utiliza el término Cuaternario.

Leucogranito: granito con alto contenido en minerales félsicos, bajo contenido en minerales máficos y generalmente de color gris claro.

Limo: sedimento compuesto por granos de un tamaño entre 0,0625 y 0,004 milímetros, o lo que es lo mismo, entre 62,5 y 4 micras (milésimas de milímetro). Para hacerse una idea, los granos no se notan al tacto, pero sí con la boca (al morder un poco del sedimento entre los dientes).

Litificación: conjunto de procesos (compactación, cementación, etc.) mediante los cuales un sedimento se transforma en roca sedimentaria.

Lutita: roca sedimentaria detrítica compuesta por granos de tamaño limo y arcilla.

Magma: mezcla muy caliente de rocas fundidas con minerales y fragmentos de roca sólidos, líquidos y gases que se forma en el interior de la Tierra por fusión parcial al aumentar la temperatura y/o disminuir la presión. Se llama lava al magma cuando sale a la superficie terrestre.

Marga: roca sedimentaria compuesta por una mezcla de carbonatos y sedimento fino (limo y arcilla).

Mesozoico: era de la escala del tiempo geológico que corresponde al tiempo transcurrido desde hace 250 millones de años hasta hace 65 millones de años. También hace referencia a las rocas formadas durante ese tiempo.

Metamorfismo: proceso de transformación de los minerales de una roca o sedimento debido a elevada presión y/o temperatura.

Micas: minerales compuestos de tetraedros de sílice y alúmina (silicato aluminico) unidos en una estructura cristalina bidimensional (planar) que contiene muy diferentes elementos. Ejemplos: moscovita (de potasio), biotita (de potasio, hierro y magnesio).

Mineral: compuesto sólido inorgánico natural caracterizado por su estructura cristalina y composición química.

Minerales félsicos: término genérico para referirse al cuarzo y silicatos del grupo de los feldespatos, generalmente de colores claros y baja densidad relativa.

Minerales máficos: término genérico para referirse a silicatos ricos en hierro y magnesio, como olivino, piroxeno, hornblenda, biotita, etc., generalmente de colores oscuros y alta densidad relativa.

Monzogranito: granitoide de composición intermedia entre granito (*sensu stricto*) y granodiorita. Antes se le llamaba adamellita, pero este término está en desuso.

Mioceno: época geológica del Cenozoico que corresponde al tiempo transcurrido desde hace 23 millones de años hasta hace 5,3 millones de años. También hace referencia a las rocas formadas durante ese tiempo.

Neógeno: periodo geológico del Cenozoico que corresponde al tiempo transcurrido desde hace 23 millones de años hasta la actualidad. También hace referencia a las rocas formadas durante ese tiempo.

Orogenia: conjunto de procesos geológicos (magmatismo, metamorfismo, erosión, deformación tectónica, sedimentación, etc.) que actúan en las placas tectónicas para formar un sistema montañoso.

Orógeno: sistema montañoso formado por la acción de procesos geológicos, generalmente (pero no siempre) como resultado de colisión entre placas tectónicas. El Orógeno Varisco (antes también llamado Hercínico) es el sistema montañoso en que se formaron gran parte de las rocas ígneas y metamórficas del Sistema Central en el Paleozoico superior. El Orógeno Alpino es el sistema montañoso en que se formaron los relieves actuales del Sistema Central, Cordillera Ibérica, Pirineos, Béticas y otras partes del sur de Europa en el Cenozoico.

Paleocanal: antiguo canal fluvial o de abanico aluvial, posteriormente rellenado por sedimentos.

Paleoclima: clima que afectó a una zona en el pasado.

Paleógeno: periodo geológico del Cenozoico que corresponde al tiempo transcurrido desde hace 65 millones de años hasta hace 23 millones de años. También hace referencia a las rocas formadas durante ese tiempo.

Paleorrelieve: antiguo relieve resultado de la erosión y que posteriormente fue recubierto por sedimentos o rocas más jóvenes.

Paleozoico: era de la escala del tiempo geológico que corresponde al tiempo transcurrido desde hace 542 millones de años hasta hace 250 millones de años. También hace referencia a las rocas formadas durante ese tiempo.

Periodo geológico: subdivisión de la escala del tiempo geológico inferior a era y superior a época. Ejemplos de periodos geológicos: Carbonífero (Era Paleozoica), Cretácico (Era Mesozoica) y Neógeno (Era Cenozoica).

Pizarra: roca metamórfica compuesta principalmente por micas visibles sólo con lupa (menos de 0,5 mm) y por la presencia de pizarrosidad.

Pizarrosidad: propiedad de las rocas metamórficas de romperse por planos paralelos lisos debido a la orientación preferente de los abundantes cristales de mica visibles con lupa (menos de 0,5 mm).

Pleistoceno: penúltima época del periodo Neógeno de la era Cenozoica, y que corresponde al tiempo transcurrido desde hace 1,8 millones de años hasta hace 11.500 años. También hace referencia a las rocas formadas durante ese tiempo. Para agrupar al Pleistoceno y Holoceno, se utiliza el término Cuaternario.

Roca: sustancia sólida compuesta por uno o más minerales, originada de forma natural por procesos geológicos: solidificación de un magma (roca ígnea), acumulación de sedimento (roca sedimentaria), o cambios en los minerales por aumento considerable de la temperatura y/o la presión (roca metamórfica).

Roca calcárea: roca de la que se puede obtener cal (óxido de calcio, CaO). La cal se forma por descomposición del carbonato cálcico (CaCO₃) al perder el dióxido de carbono (CO₂) con el aumento de la temperatura. El término calcáreo hace referencia al contenido en carbonato cálcico y, por tanto, la roca calcárea por excelencia es la caliza.

Roca carbonática: roca con una elevada proporción de carbonato en su composición. Algunos ejemplos de este tipo de rocas son la caliza, la dolomía y el mármol.

Roca ígnea o magmática: roca formada por el enfriamiento y solidificación de un magma. Puede ser plutónica o volcánica.

Roca metamórfica: roca formada a partir de otra roca por transformación de sus minerales, así como de su textura y estructura, debido al aumento de la presión y/o de la temperatura. El grado del metamorfismo (bajo, medio o alto) es proporcional al aumento de presión y/o temperatura que haya sufrido la roca.

Roca plutónica: roca ígnea resultado del enfriamiento y cristalización de un magma en profundidad, en contraposición a las rocas volcánicas, que se han enfriado en superficie. Suelen enfriarse lentamente, permitiendo que se formen cristales.

Roca sedimentaria: roca formada por la acumulación y enterramiento de sedimentos y su posterior compactación, consolidación y cementación (procesos englobados en la litificación).

Roca volcánica: roca ígnea resultado del enfriamiento y cristalización de un magma en la superficie terrestre en contacto con la atmósfera o la hidrosfera. El término se opone al de roca plutónica, que es la que se ha enfriado en el interior de la Tierra. Si se solidifica a poca profundidad, cerca de la superficie pero sin salir, se llama roca subvolcánica. Ambos tipos de rocas (volcánicas y subvolcánicas) pueden haberse enfriado tan rápidamente que no da tiempo a cristalizar y en su lugar se forma vidrio.

Sedimento: material sólido que ha sido o está siendo erosionado, transportado y/o depositado de forma natural, y que no ha sufrido una compactación, consolidación y/o cementación como para considerarlo una roca. Los sedimentos recién depositados suelen incluir una elevada proporción de agua y gases.

Tectónico o tectónica: que tiene relación con la estructura geológica de las rocas (pliegues, fallas, etc.), su formación, origen y evolución.

Terciario: término que se utilizaba hasta hace poco para referirse al tiempo transcurrido desde hace 65 millones de años hasta hace 1,8 millones de años, equivaliendo al Paleógeno y parte del Neógeno según la acepción actual. También hace referencia a las rocas formadas durante ese tiempo. Actualmente, el término Terciario ha sido eliminado de la escala del tiempo geológico según la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas (IUGS, 2004).

Textura: aspecto general de una roca definido por el tamaño, la forma y la disposición de sus componentes tal como se ven a la vista, a la lupa o al microscopio.

BIBLIOGRAFÍA

Sobre la geología y otros aspectos interesantes de Madrid y la zona centro de España

Andeweg, B., De Vicente, G., Cloetingh, S., Giner, J., Muñoz Martín, A. (1999). **Local stress fields and intraplate deformation of Iberia: variations in spatial and temporal interplay of regional stress sources**. Tectonophysics, vol. 305, p. 153–164.

Artículo científico en inglés dirigido a especialistas y que puede resultar complejo para el aficionado. De él hemos obtenido las figuras que después hemos modificado para mostrar de forma simplificada la estructura geológica de la Sierra de Guadarrama y de la cuenca de Madrid que se muestra en las Figuras 4 y 5.

Avisón Martínez, J.P. (2003). **La sierra oeste de Madrid**. Ediciones El Senderista, 192 p.

Libro de excursiones por la zona del Sistema Central situada al oeste de la ciudad de Madrid. Incluye algunos itinerarios que coinciden con paradas de los itinerarios oeste y suroeste de esta guía.

Del Prado, C. (1998). **Descripción física y geológica de la Provincia de Madrid**. Instituto Geológico y Minero de España, Facsímil de la edición de 1864, 219 p.

Díez Herrero, A. y Martín Duque, J.F. (2005). **Las raíces del paisaje. Condicionantes geológicos del territorio de Segovia**. Ed. Junta de Castilla y León, Colección Hombre y Naturaleza, vol. 7, 464 p.

Aunque está dedicado a Segovia y solo toca indirectamente el territorio de Madrid, este libro contiene numerosos cuadros explicativos, imágenes y textos que también nos ayudarán a entender la evolución geológica de la Comunidad de Madrid. Abundante información en formato útil y con un diseño muy cuidado. Escrito por dos geólogos segovianos, es un libro que recomendamos a todos los amantes de la geología.

Durán, J.J. (Editor) (1998). **Patrimonio geológico de la Comunidad Autónoma de Madrid**. Sociedad Geológica de España y Asamblea de Madrid, Madrid, 290 p.

Garzón, G., Fernández, P. y Centeno, J.D. (1991). **La morfogénesis en el Sistema Central Ibérico**. En: G. Garzón, J.D. Centeno y E. Ascaso (Editores), "Problemas geomorfológicos del centro y noroeste de la Península Ibérica". Universidad Complutense de Madrid, p. 61-72.

Este artículo constituye un buen resumen (¡cuidado: por y para especialistas!) de las principales características geomorfológicas del Sistema Central (superficies de erosión, depresiones, depósitos, alteraciones, relieves residuales) y una buena introducción a la problemática de su interpretación.

Instituto Geológico y Minero de España (1988). **Atlas geocientífico del medio natural de la Comunidad de Madrid**. ITGE y Comunidad de Madrid, Madrid, 83 p.

Menduiña, J., y Fort, R. (2005). **Las piedras utilizadas en la construcción de los Bienes de Interés Cultural de la Comunidad de Madrid anteriores al siglo XIX**. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 131 p.

Excelente oportunidad de aprender sobre la relación entre geología y arquitectura. Incluye un mapa de rocas de la Comunidad de Madrid con indicación de las principales canteras y Monumentos de Interés Cultural anteriores al siglo XIX. También incorpora las fichas con información completa de 18 de estos monumentos estudiados y fotos del monumento y de la roca con la que está hecho tal como se ve a simple vista y al microscopio.

Morales, J., Nieto, M., Amezua, L., Fraile, S., Gómez, E., Herráez, E., Peláez-Campomanes, P., Salesa, M.J., Sánchez, I.M., y Soria, D. (eds.), 2000. **Patrimonio paleontológico de la Comunidad de Madrid**. Comunidad de Madrid, Serie Arqueología, Paleontología y Etnografía, Monográfico 6, 371 p.

Pedraza, J. de, y Carrasco, R.M. (2006). **El glaciario pleistoceno del Sistema Central**. Revista de Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, vol. 13, no. 3, p. 278-288.

Buena introducción al tema. Es de donde hemos tomado y modificado el mapa del glaciario de la Figura 20.

Salazar, A. (2004). **Patrimonio geológico de la Comunidad de Madrid: utilización didáctica y científica**. En: F. Guillén Mondéjar y A. del Ramo Jiménez (Editores), "El patrimonio geológico: cultura, turismo y medio ambiente", Actas de la V Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España, p. 77-84.

Salazar, A. (2004). **Patrimonio geológico de la Comunidad de Madrid: situación actual de su catalogación y estado de conservación**. En: F. Guillén Mondéjar y A. del Ramo Jiménez (Editores), "El patrimonio geológico: cultura, turismo y medio ambiente", Actas de la V Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España, p. 203-209.

Salís, I. (Coord.) (1999). **Por la sierra de Madrid: Sendas de educación ambiental**. Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Regional de la Comunidad de Madrid, 147 p.

Ubanell, A.G., Pedraza Gilsanz, J., Centeno Carrillo, J.D., González Alonso, S., Sánchez Palomares, O., Carretero Carrero, P. y Martínez Alfaro, P.E. (1987). **Mapa litológico de Madrid (calidades de las rocas)**. Consejería de Agricultura y Ganadería, Comunidad de Madrid. 48 p.

Libro interesante por su carácter práctico. Es de donde hemos tomado y modificado el mapa geológico general de la Comunidad de Madrid en esta guía.

Vías Alonso J. (2001). **Memorias del Guadarrama. Historia del descubrimiento de unas montañas**. Editorial La Librería, Madrid, 272 p.

Libro interesante para conocer la evolución sobre del conocimiento de la Sierra de Guadarrama y sus protagonistas. Es de donde hemos sacado la información sobre los antecedentes históricos de las investigaciones geológicas.

Zarzuela Aragón, J. (2006). **Excursiones para niños por la Sierra de Madrid**. Ediciones La Librería, Madrid, 5ª edición, 335 p.

Una guía con 40 paseos de diferente dificultad y (lo mejor de todo) llenos de sugerencias de actividades para hacer con los niños en la naturaleza. Cada paseo incluye una descripción de zonas de parada y esparcimiento, itinerarios opcionales o complementarios, valores ambientales y aspectos culturales destacables, modo de acceso, etc. Algunos paseos coinciden con paradas de este itinerario. La primera edición del libro es de 2003.

Sobre la geología de España

Comba, J.A. (coordinador) (1983). **Geología de España**. Libro Jubilar J.M. Ríos. Tomos I y II. I.G.M.E., Madrid, 656 p. + 752 p.

Hasta que se publicó el libro editado por J.A. Vera en 2004 sobre el mismo tema, esta fue la principal fuente de información recopilatoria sobre la geología de España. Es interesante contrastar con el nivel de conocimientos de hace más de 20 años.

Dallmeyer, R.D. y Martínez García, E. (Editores) (1990). **Pre-Mesozoic geology of Iberia**. Springer-Verlag, 416 p.

Friend, P.F. y Dabrio, C.J. (Editores) (1996). **Tertiary basins of Spain. The stratigraphic record of crustal kinematics**. Cambridge Univ. Press, 400 p.

Gibbons, W. y Moreno, T. (Editores) (2002). **The Geology of Spain**. The Geological Society, London, 649 p.

Gutierrez Elorza, M. (Coordinador) (1994). **Geomorfología de España**. Ed. Rueda, Alcorcón (Madrid), 526 p.

IGME (1974). **Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares**. IGME, Madrid, 113 p.

IGME (1987). **Contribución de la exploración petrolífera al conocimiento de la Geología de España**. IGME, Madrid, 467 p.

IGME-ITGE (1975-2004): **Mapas geológicos** (escala 1:50.000, 1:200.000, 1:1.000.000) y sus memorias explicativas publicadas por el Instituto Geológico y Minero de España, IGME.

Meléndez Hevia, I. (2004). **Geología de España. Una historia de 600 millones de años**. Editorial Rueda, Madrid, 277 p.

Este libro constituye una referencia esencial para el aficionado a la geología en España, aunque no tenga conocimientos profundos de geología. Consta de tres partes diferenciadas: una explicación de los principales conceptos utilizados en geología, una narración de la evolución geológica de la Península Ibérica en los últimos 600 millones de años, y una descripción de cada unidad geológica del territorio español: cuencas terciarias, cadenas alpinas y macizo ibérico.

Vera, J.A. (Editor) (2004). **Geología de España**. Sociedad Geológica de España e Instituto Geológico y Minero de España, 884 p.

Este libro describe con abundantes ilustraciones los principales rasgos de la geología de España. Viene acompañado de un mapa geológico y un mapa tectónico de España a escala 1:2M, además de un CD que incluye todas las figuras del libro y otras figuras e imágenes complementarias, la base de datos bibliográfica (ideal para poder hacer búsquedas) y los mapas mencionados. Se trata de una recopilación exhaustiva del estado del conocimiento sobre la geología de España, con una visión moderna y actualizada. Es una obra colectiva,

*rigurosamente redactada por algunos de los mejores geólogos de nuestro país, muy útil para el investigador y profesional de la geología, el estudiante avanzado y el profesor de enseñanza media y superior. Sin embargo, puede resultar excesivamente técnico y especializado para el aficionado, por lo que **para el público no iniciado recomendamos el libro de Ignacio Meléndez (Geología de España. Una historia de 600 millones de años).***

Sobre geología general

Anguita, F. (2002). **Biografía de la Tierra**. Ed. Aguilar, Madrid, 200 p.
Excelente introducción a las ciencias de la Tierra.

Bastida, F. (2005). **Geología. Una visión moderna de las Ciencias de la Tierra**. Ediciones Trea, 974 p. (vol. 1) y 1031 p. (vol. 2).

Libro de texto casi enciclopédico que asume un nivel previo de conocimientos al estar principalmente dirigido a universitarios. Es uno de los más recientes y actualizados sobre geología general en español. Trata todos los aspectos con buenas ilustraciones y relativa exhaustividad (¡son 2000 páginas!). Según su propio autor, busca "ofrecer un texto de Geología que reúna sus bases doctrinales y metodológicas y que, partiendo prácticamente de cero, pueda servir de ayuda a cualquier persona relacionada con el mundo de las Ciencias de la Tierra, tanto en sus estudios universitarios como fuera de ellos". El primer volumen trata sobre la Tierra en su conjunto, mineralogía, petrología, magmatismo, estratigrafía, paleontología, sedimentología, metamorfismo y dataciones. El segundo volumen trata sobre geología estructural y tectónica, hidrogeología, geomorfología y geología aplicada (recursos minerales y energéticos, riesgos geológicos, geotecnia, etc.).

Dabrio, C.J. y Hernando, S. (2003). **Estratigrafía**. Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 382 p.

Libro de texto dirigido a universitarios y profesionales. Es bastante especializado, pero vendrá bien a los aficionados e interesados en el tema.

Mottana, A., Crespi, R., y Liborio, G. (1980). **Guía de minerales y rocas**. Editorial Grijalbo, 608 p.

Existen multitud de guías de minerales y rocas en el mercado. Esta en concreto es un ejemplo de una buena guía, con fotos adecuadas. En cambio, la mayoría de las guías muestran fotos espectaculares, más bonitas que la cruda realidad, y que por lo tanto resultan de poca utilidad. Por ello, cuando utilicemos una guía para identificar una roca o un mineral, no debemos fijarnos sólo en las fotos para comparar con lo que estamos viendo. Debemos utilizar también todos los otros datos que están escritos: variaciones del color, brillo, textura, formas más típicas (morfología), dureza, densidad, origen, etc.. De esta guía, como de la mayoría, existen varias ediciones.

Tarback, E.J. y Lutgens, F.K. (2000). **Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física**. Editorial Prentice-Hall, 563 p.

Se trata de un libro de texto reciente, con buenas ilustraciones, bastante completo y, en general, con bastante detalle sobre geología. Incluye un capítulo sobre España, además de apéndices y un CD de actividades en inglés. En algunas universidades se usa como libro de texto para la asignatura de geología de los primeros años.

Vera, J.A. (1994). **Estratigrafía. Principios y métodos**. Ed. Rueda, Madrid, 806 p.

Libro de texto a nivel universitario que puede servir a los más interesados para actualizar sus conocimientos sobre estratigrafía, sedimentología y otros aspectos relacionados.

Wilson, G. (1978). **Significado tectónico de las estructuras menores y su importancia para el geólogo en el campo**. Ediciones Omega, Barcelona, 107 p.

Este libro viene bien para saber cómo interpretar las estructuras tectónicas que se suelen ver normalmente en los afloramientos del campo, desde pliegues y fracturas a pizarrosidad y esquistosidad pasando por diques y venas hidrotermales.

Escala del tiempo geológico

