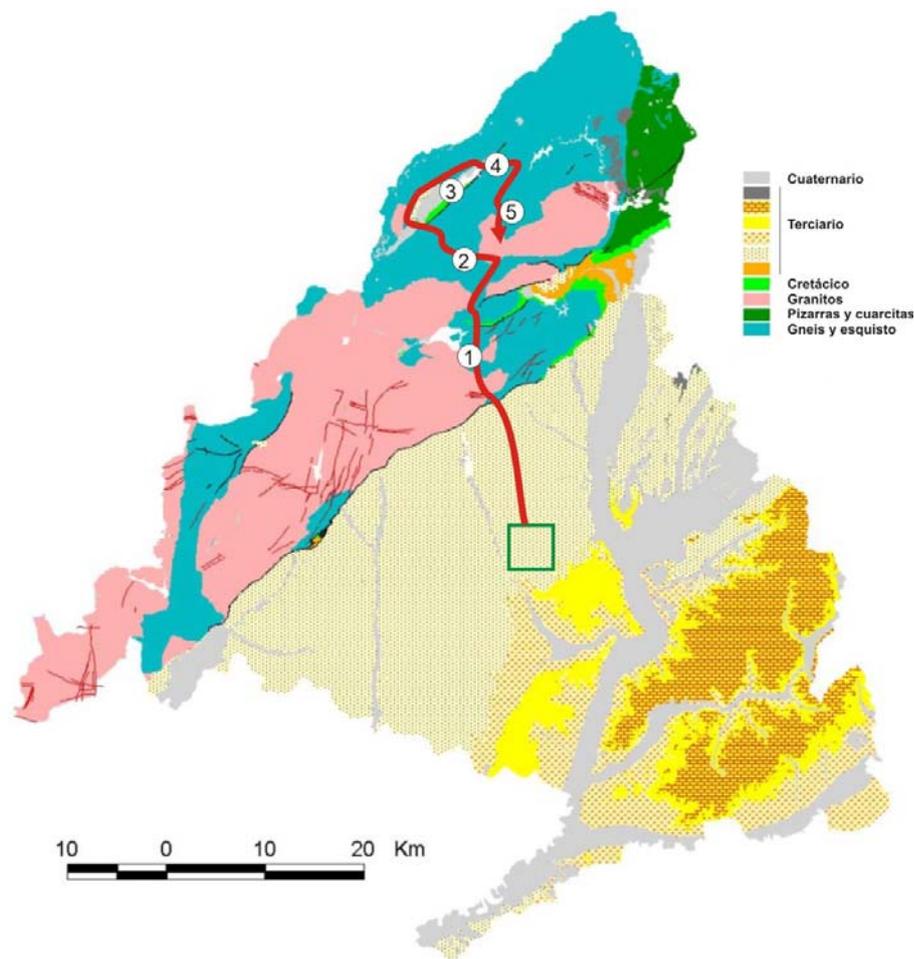


geología 12

Madrid

Geología de la Sierra Norte de Madrid: tan cerca y tan desconocida



Guía de campo

Esta **Guía de campo (geología) del Geolodía12** ha sido realizada por:

Enrique Díaz Martínez¹, Fabián López¹, Alfredo Pérez González², Theodoros Karampaglidis², Jerónimo Matas, Luis Miguel Martín Parra¹ y Francisco Nozal¹

¹IGME
Ríos Rosas, 23
28003 Madrid
Tel.: 913495789
Fax: 913495834
E-mail: e.diaz@igme.es

²CENIEH
Paseo Sierra Atapuerca, s/n
09002 Burgos
Tel.: 947040800
Fax: 947040810
E-mail: alfredo.perez@cenieh.es

Esta geología ha sido elaborada para la excursión del Geolodía 12 (6 de Mayo de 2012). Si quieres difundirla, 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, 2012

Las fotos aéreas se han obtenido de sistemas de información geográfica de acceso público disponibles en las direcciones indicadas en la página 35.

Geología de la Sierra Norte de Madrid: tan cerca y tan desconocida



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	20
Parada 3	24
Parada 4	29
Parada 5	33
Para saber más (mapas geológicos y fotos aéreas).....	35
Glosario.....	36
Bibliografía.....	40
Escala del tiempo geológico	43

Introducción

Esto que tienes en tus manos es la guía de campo para comprender mejor lo que verás en el Geología de 2012, un paseo por la geología de la sierra al noroeste de la Comunidad de Madrid. Se trata de un recorrido para realizar en vehículo, con paradas en puntos de especial interés geológico en los que habrá geólogos que te ayudarán a conocer las principales rocas y *sedimentos* que forman el sustrato de la Comunidad de Madrid, y a comprender cómo influye cada tipo de roca en la formación del paisaje que vemos y en los usos humanos.



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 (como es el caso este año 2012) convendrá ir preparados para un tiempo cambiante: frío, calor, lluvia, granizo, sol...

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 Lozoya? 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 la provincia, 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 desde la prehistoria hasta la actualidad.

Para conseguir estos objetivos solo necesitas mantener los ojos bien abiertos, y los oídos bien atentos a las explicaciones en cada parada. Si tienes alguna duda, pregunta. Y cuando estés en cada parada, te recomendamos tocar las *rocas* y *sedimentos*, cogerlos, mirarlos con detenimiento (¡no olvides la lupa!) y fijarte en cómo son. 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 esta sierra?
- ¿De qué están hechas La Pedriza de Manzanares y 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 o Lozoya? ¿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 estás participando en el Geolodía, ¿no? Y recuerda: si tienes dudas, pregunta a los geólogos que habrá en cada parada.

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

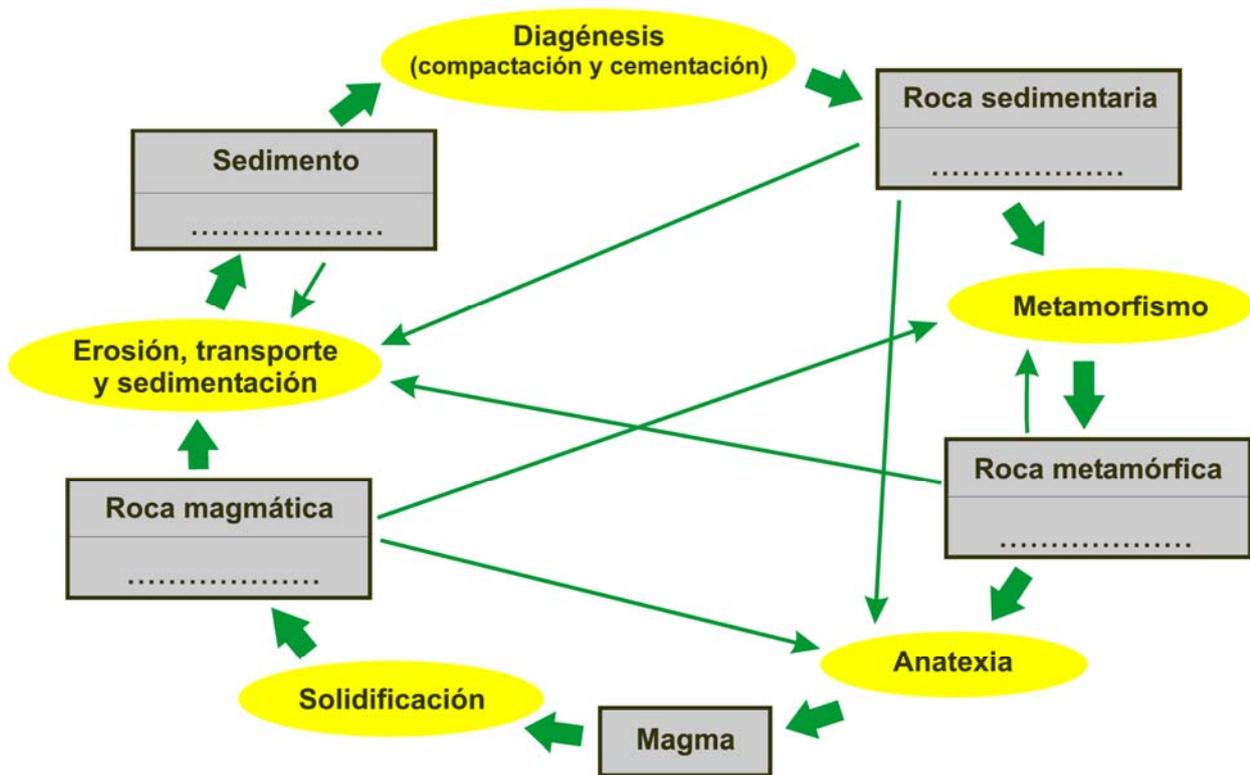
Ahora, veremos cómo todas las *rocas* están relacionadas unas con otras en lo que se conoce como **el ciclo de las rocas**. Si clasificáramos todas las *rocas* y *minerales* que hay en la Comunidad de Madrid, podríamos encontrar docenas de tipos diferentes, pero siempre con una característica en común: 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 la mayoría de estos cambios se necesita mucho, pero que muuucho tiempo. En cambio, algunos de estos 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.

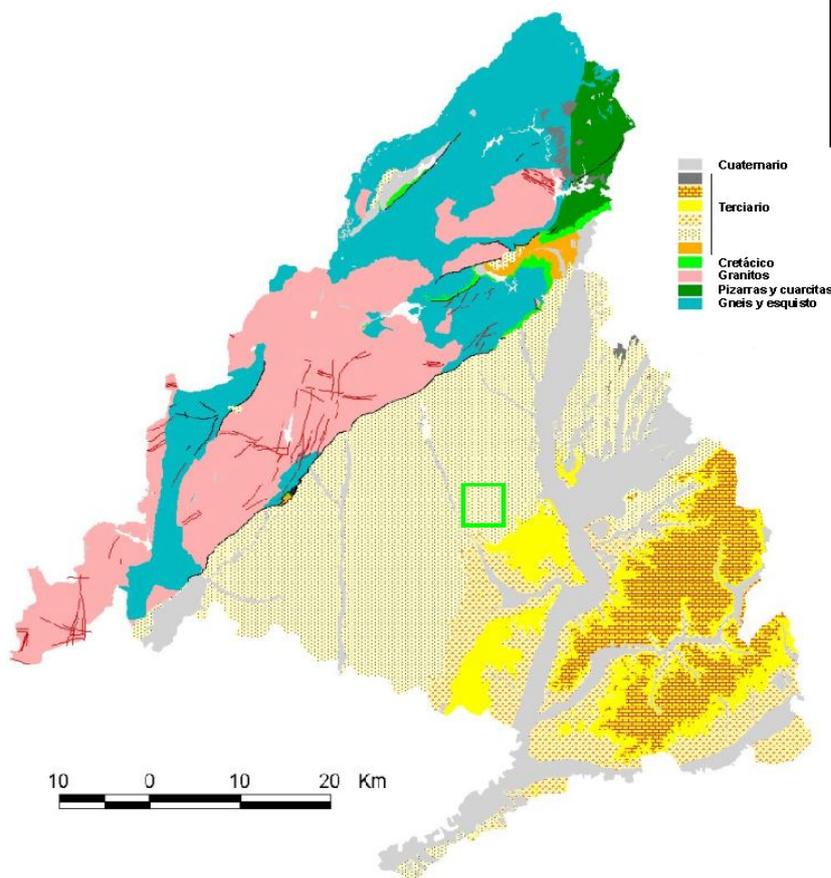


Figura 2: Esquema geológico de la Comunidad de Madrid.

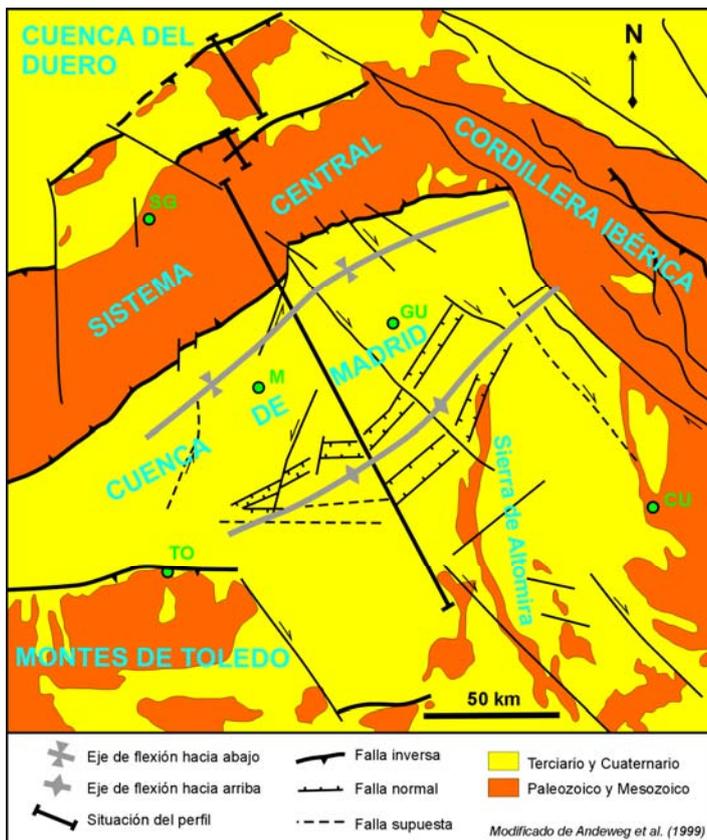


Figura 3: Principales estructuras tectónicas que afectan a la corteza terrestre en la zona central de la Península Ibérica. Las siglas se refieren a las capitales.

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*.

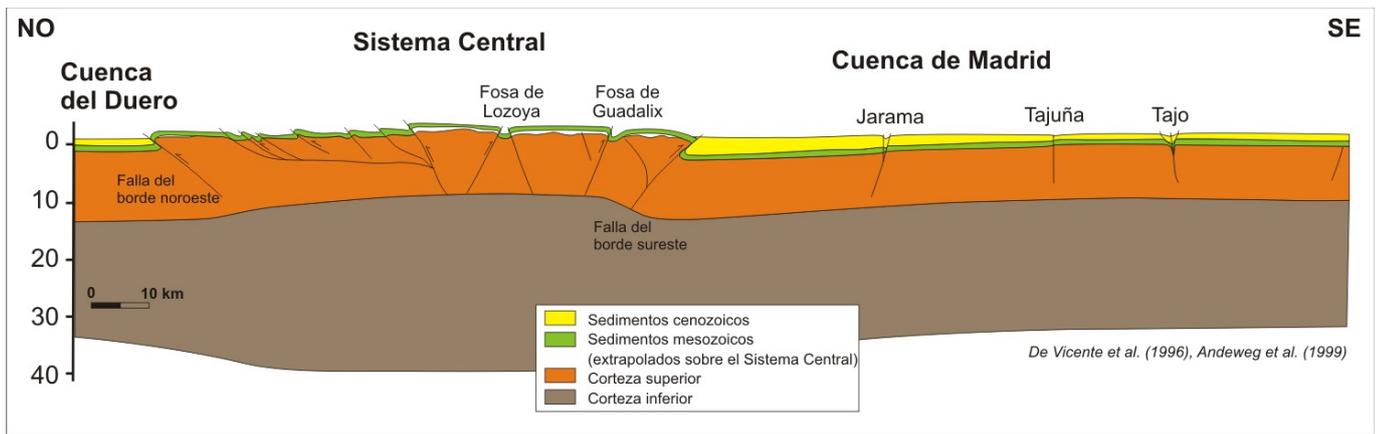


Figura 4: Corte geológico esquemático mostrando la estructura interna de la corteza terrestre en la zona central de la Península Ibérica. La situación del corte está indicada en la Figura 3.

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 2.

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.

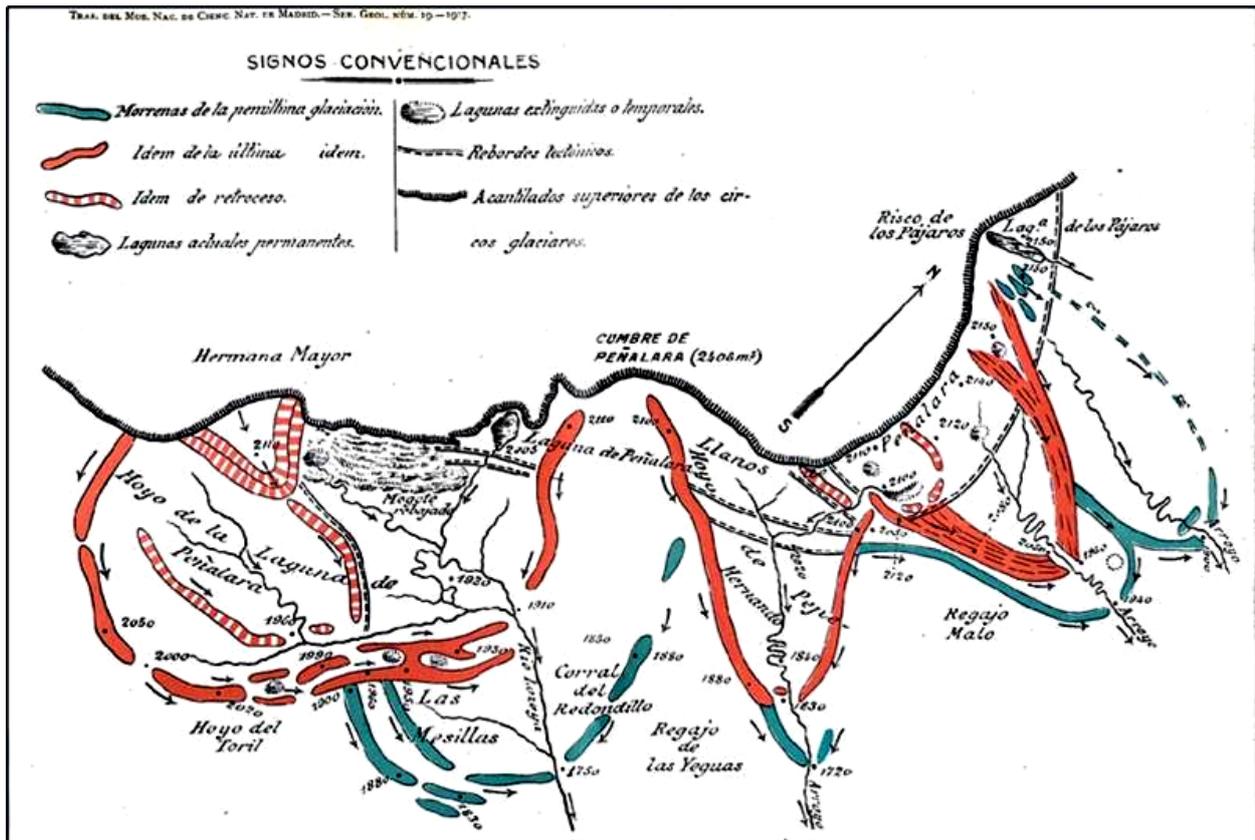


Figura 7: Mapa de las morrenas y lagunas glaciares del entorno de Peñalara publicado por Obermaier y Carandell en 1917.

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 propuesta del Gobierno de la Comunidad de Madrid (Noviembre de 2008) no hizo sino confirmar las sospechas sobre la progresiva reducción del área a proteger y su manipulación para la especulación urbanística y turístico-recreativa, dejándolo reducido a las cumbres más altas. Finalmente, en marzo de 2011, la comisión de Medio Ambiente de la Asamblea de Madrid aprobó la propuesta para declarar las cumbres de la sierra de Guadarrama (21.740 hectáreas en la vertiente madrileña) como parque nacional, y la remitió al Ministerio de Medio Ambiente, donde actualmente se encuentra en trámite de estudio.

Descripción general del recorrido

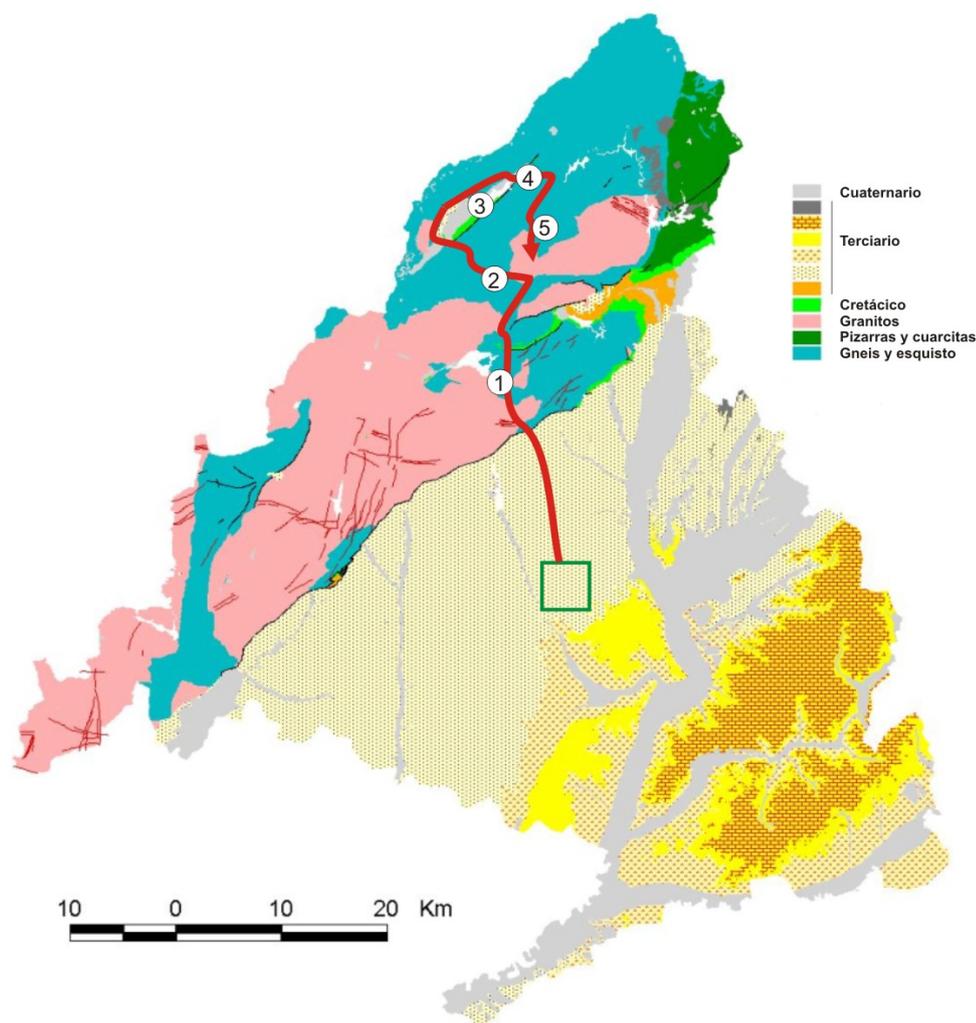


Figura 8: Mapa geológico simplificado de la Comunidad de Madrid, indicando las paradas descritas en esta guía.

Salimos de Madrid por la Autovía de Colmenar Viejo (M-607) y, pasado el km 33, nos desviamos por la carretera de Guadalix (M-625) para hacer la **parada 1** en la Ermita de la Virgen de los Remedios (PK 2,5). Retornamos a la autovía M-607 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 hacer la **parada 2** en el Puerto de la Morcuera (Fuente Cossío). Continuamos hacia Rascafría, donde tomamos la M-604 a la derecha y entramos en Pinilla del Valle para la **parada 3**. Continuamos por la M-604 pasando Lozoya y el PK 13, entrando hacia la presa de Pinilla en el PK 12,2 donde hacemos la **parada 4**. Después seguimos por la misma M-604 hacia el este hasta el desvío a Canencia (pasado el PK 8), donde nos desviamos por la M-629 hasta el Puerto de Canencia (**parada 5**), donde termina el itinerario geológico. La longitud aproximada de todo el recorrido desde la ciudad de Madrid es de unos 130 km.

El itinerario está diseñado para realizarse en un día. Las explicaciones se realizan cerca (menos de 1 km) de los puntos de parada y aparcamiento. Todas las paradas cuentan con suficiente espacio para aparcar varios coches o un autobús, y en su entorno cercano hay merenderos y restaurantes.

Geología del itinerario del Geolodía12

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 del Geolodía de Madrid para 2012, indicadas con números del 1 al 5 según el orden en el que deben realizarse. Recomendamos hacer dos o tres paradas por la mañana y las otras por la tarde, pudiendo parar a comer en las paradas 3 o 4. En los pueblos del valle de Lozoya por los que discurre el recorrido (Rascafría, Alameda, Pinilla, Lozoya, Gargantilla, Canencia) hay restaurantes y merenderos con bancos y mesas para comer de bocadillo.

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.

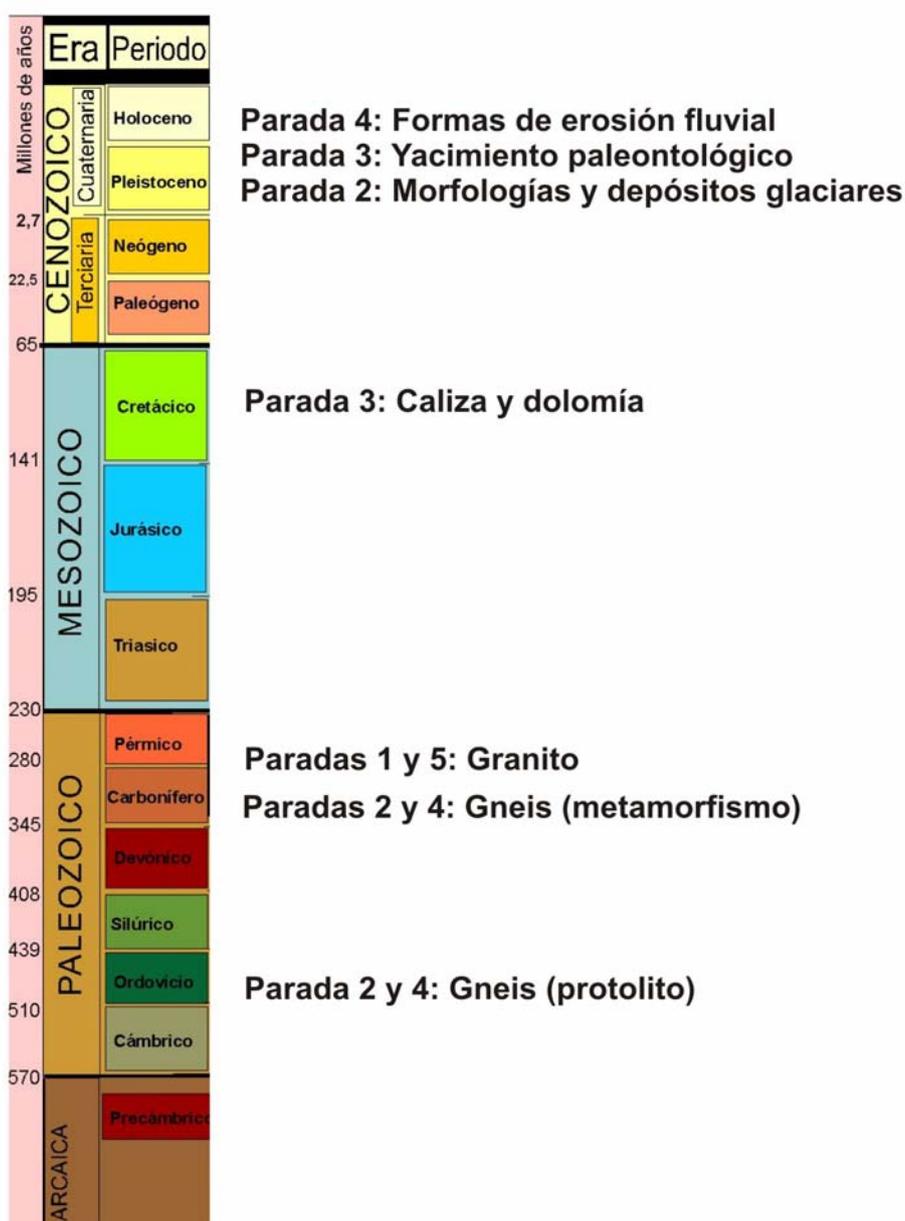


Figura 9: Edad aproximada de las formas, rocas y *sedimentos* que se pueden ver en el itinerario geológico del Geolodía12 de Madrid.

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

Sedimentos: En la parada 2 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 (por eso los llamamos *sedimentos* y no rocas). Como durante este tiempo no se han llegado a convertir en roca dura, estos *sedimentos* son fácilmente erosionables y colonizables por la vegetación. 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 la parada 3 veremos diferentes rocas sedimentarias de origen marino y con mucho *carbonato* (*dolomías*, *calizas* y *margas*) de edad *Cretácico*. 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*. Las rocas sedimentarias de origen marino demuestran que la zona centro de lo que ahora es la Península Ibérica estuvo cubierta por un mar tropical hace entre 80 y 90 millones de años.

Rocas metamórficas: En las paradas 2 y 4 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 5 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, pasado el km 33, 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 puede estar lleno, en cuyo caso deberemos 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 desde el mirador con paneles.

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 y que constituye las raíces del paisaje. 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 las placas 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" o Macizo 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 importantes porque 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 siguiente tendremos otra perspectiva de bloques levantados y hundidos, con uno de

los mejores ejemplos de "fosa tectónica intramontana" que hay en el Sistema Central: la fosa del Lozoya.

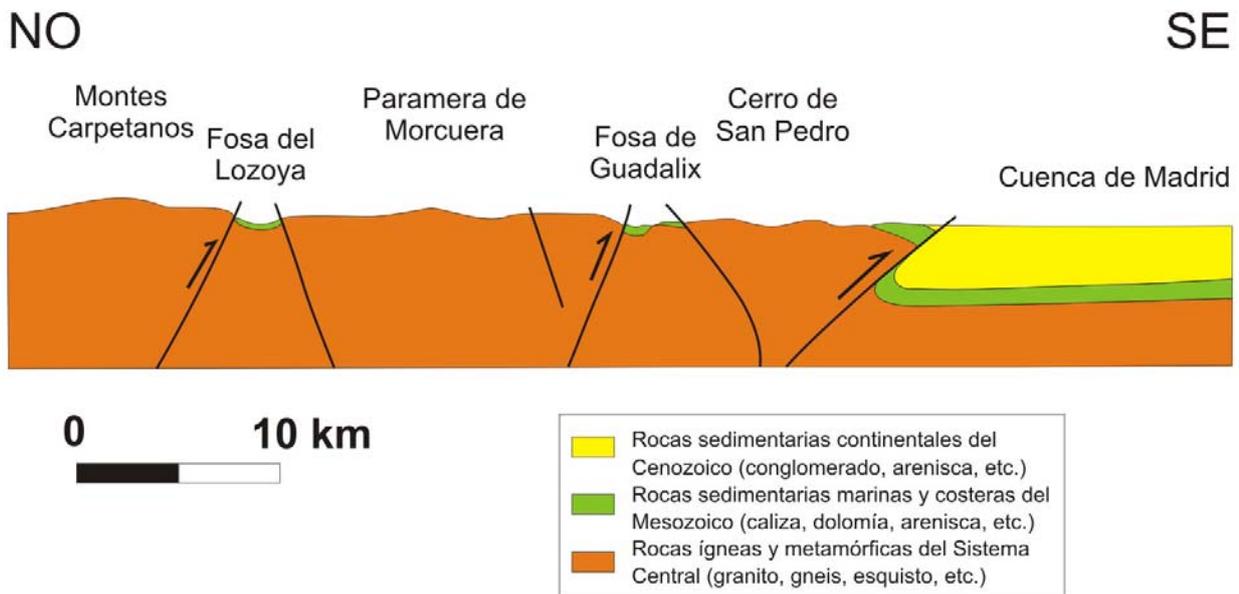


Figura 12: Corte geológico esquemático de la corteza terrestre (ampliado a partir del de la Figura 4) en el que se han destacado las principales fallas y bloques tectónicos levantados y hundidos que se recorrerán durante la excursión.

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 en dirección a Soto del Real y Miraflores de la Sierra. Antes de llegar a Soto del Real 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, 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 que limita el bloque levantado del Cerro de San Pedro al sur, con el bloque hundido de Cerceda-Guadalix al norte.

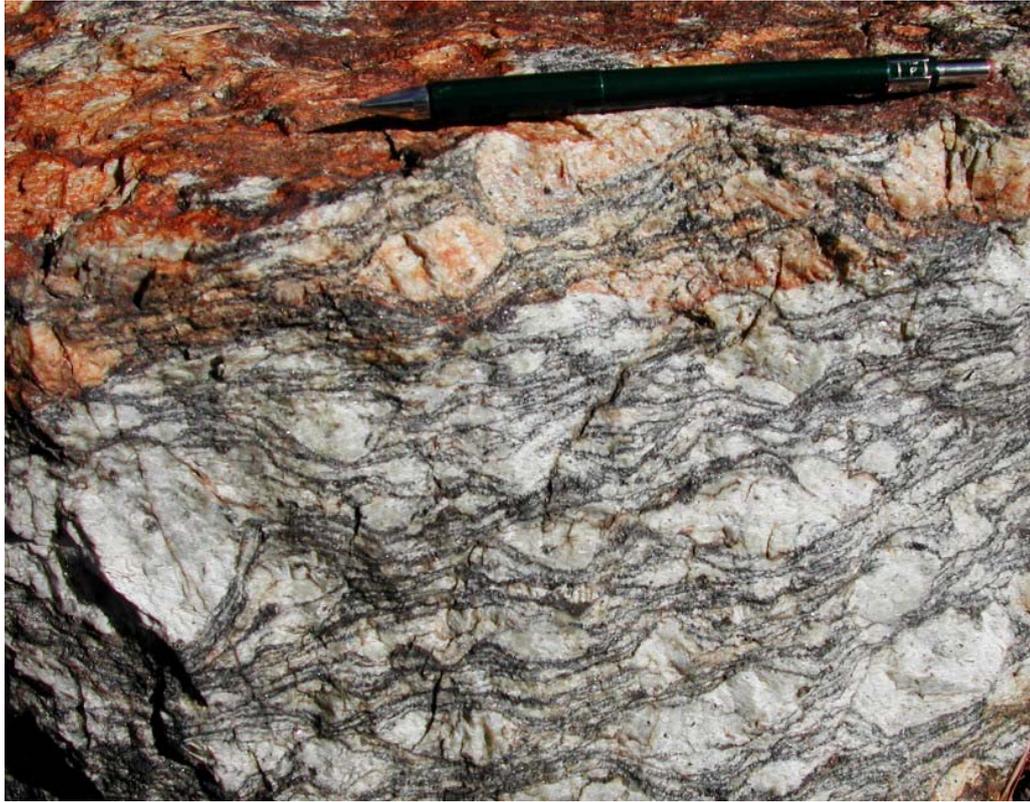


Figura 13: El *gneis* glandular que aflora junto a la carretera en la subida al Puerto de la Morcuera pertenece a la unidad geológica conocida como "*Gneis* de La Morcuera".

El recorrido desde Soto del Real a la siguiente parada 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 ser plana y estar en una posición elevada, 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. En estas superficies, la morfología casi plana impide que el agua discurra con facilidad, dando lugar a frecuentes encharcamientos y turberas.

Parada 2

Lugar

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

Acceso

Pasando el Puerto de la Morcuera por la carretera M-611, llegamos 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 14).



Figura 14: Esquema de acceso al aparcamiento de la Fuente de Cossío en la Parada 2.

Material y edad

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

Características y origen

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*.

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 estauroлита. 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.

Pero 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 y puedas 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.



Figura 15: 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.

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.

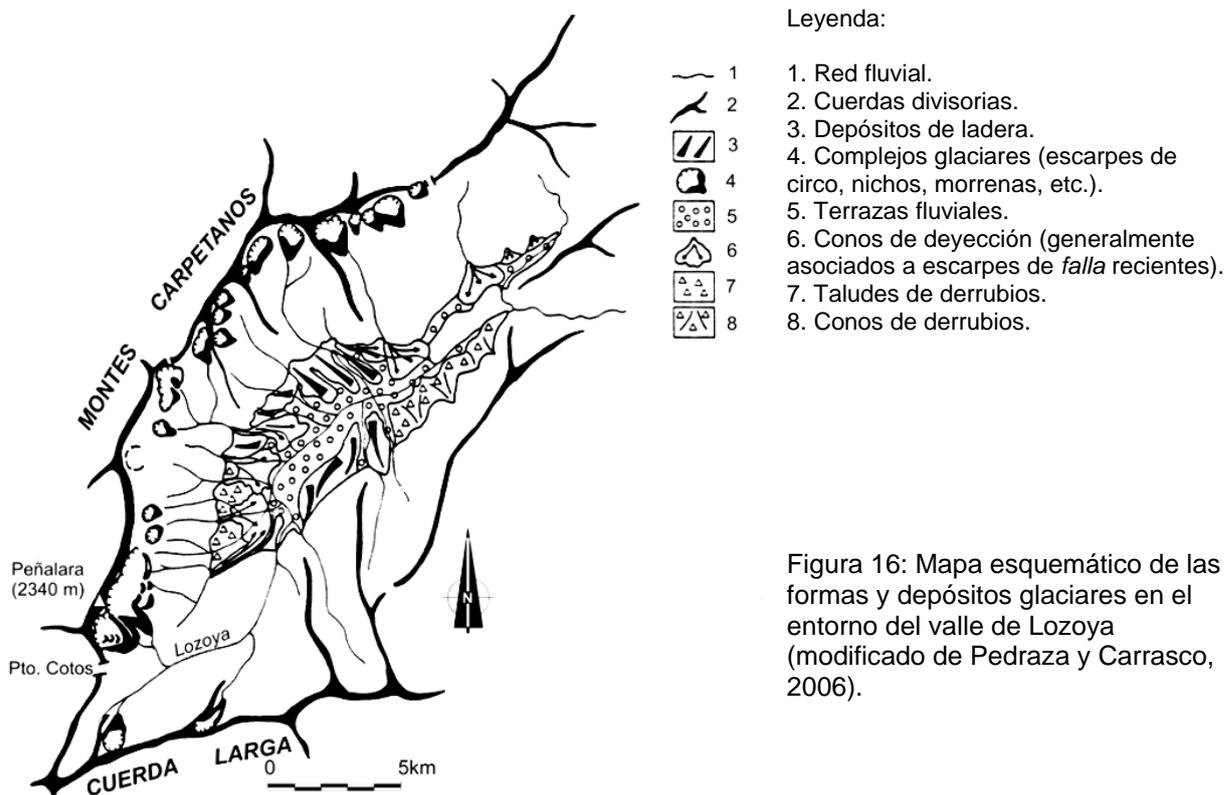


Figura 16: Mapa esquemático de las formas y depósitos glaciares en el entorno del valle de Lozoya (modificado de Pedraza y Carrasco, 2006).

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 16).

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 desconsuelo de los que les gusta la escalada en hielo, ahora eso ya no ocurre: cada año se funde toda la nieve.

En la Parada 3 comprobaremos que el clima en el centro de la Península Ibérica fue muy diferente en el pasado, pues 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 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 estaba prácticamente en el mismo sitio que ahora y no se ha desplazado casi nada desde entonces, así que en este caso no hay más remedio que buscar otra causa para el cambio climático. 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 los más de dos millones de años del *Cuaternario*, ha habido varias glaciaciones y periodos interglaciares (fases cálidas entre glaciación y glaciación). 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 todavía no ha llegado 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 (Figura 17) donde se sitúan las siguientes paradas.



Figura 17: 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 dos bloques: por un lado el bloque hundido del fondo del valle en que nos encontramos (*depresión* o fosa *tectónica* de Lozoya), y por otro lado el bloque levantado de Cuerda Larga - Morcuera por el que veníamos.

Parada 3

Lugar

Margen derecha de la cola del embalse de Pinilla del Valle.

Acceso

Desde la Parada 2 bajamos a Rascafría y, al llegar a este pueblo, tomamos la M-604 hacia la derecha (hacia Lozoya). Pasado Alameda del Valle y el punto kilométrico PK 21, y justo antes de llegar al PK 20, entramos a la derecha hacia Pinilla del valle (Figura 18). Pasada la escuela, el helipuerto y el puente sobre la cola del embalse, tomamos hacia la izquierda hasta el punto en que está cortado el paso.

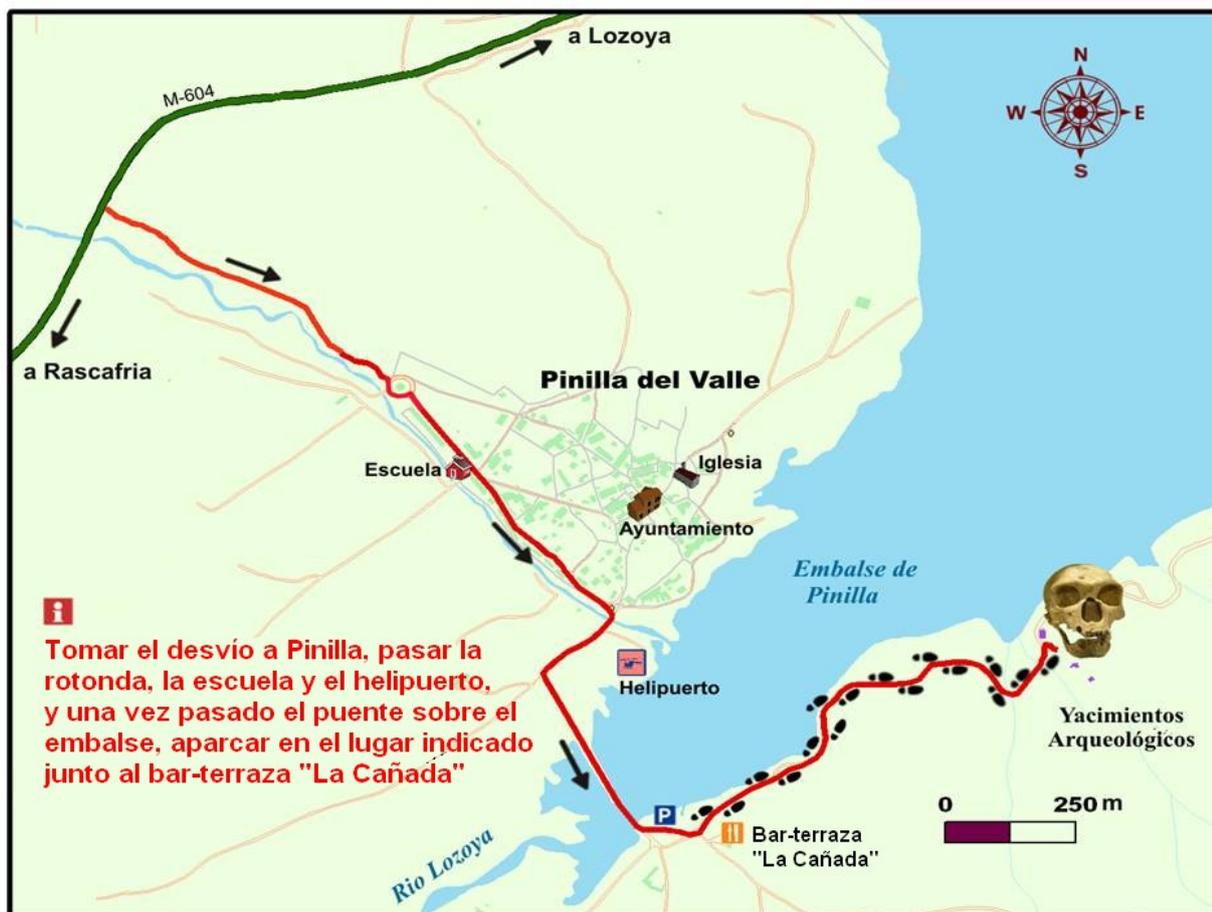


Figura 18: Esquema de acceso a la Parada 3, en el entorno de Pinilla del Valle.

Material y edad

Calizas y dolomías del *Cretácico* superior (80-90 millones de años). Relleno de cavidades kársticas por depósitos del *Pleistoceno* medio a superior.

Características

Junto al embalse afloran las calizas y dolomías del *Cretácico*, y en algunos de estos afloramientos calcáreos 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* medio y superior. 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*.

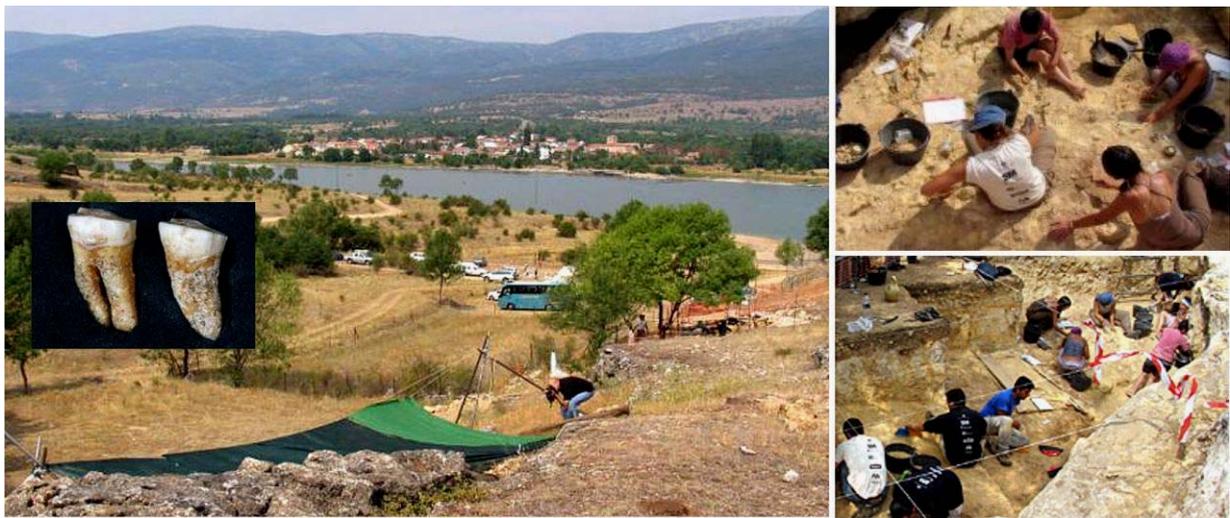


Figura 19: Excavaciones en el yacimiento paleontológico y arqueológico de Pinilla del Valle durante los veranos de 2007 y 2008, y aspecto de los dos molares de *Homo neanderthalensis*.



Figura 20: Vista panorámica de los yacimientos de Pinilla del Valle y su entorno desde un zepelín.

Los yacimientos arqueológicos y paleontológicos que se han localizado en el karst desarrollado en las *dolomías* del *Cretácico* superior del Calvero de la Higuera (Figura 21) presentan una rica asociación faunística de vertebrados (ciervos, caballos, rinocerontes, bos, félidos, hienas, zorros y pequeños mamíferos), restos de molares humanos neandertales e industria lítica Musteriense. La primera referencia bibliográfica de fósiles de vertebrados en este lugar es del año 1982, aunque el descubrimiento de lo que hoy se conoce como yacimiento de Camino es de julio de 1979. Los nuevos trabajos de excavación se iniciaron en el año 2002 con un equipo multidisciplinar que está actualmente dirigido por J.L. Arsuaga (Universidad Complutense de Madrid), E. Baquedano (Museo Arqueológico de la CAM) y A. Pérez- González (Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana).

Según andamos por el camino de acceso debemos fijarnos en las rocas y relieves que se observan en ambos lados del embalse, bajo el pueblo de Pinilla y flanqueando el camino por la derecha. 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 en el lado (flanco) que da al noroeste. En la imagen de la Figura 21 vemos que las capas están alineadas en dirección suroeste-nordeste. Los aficionados a la mineralogía podrán encontrar geodas y drusas de *calcita* en algunas rocas del afloramiento y por el entorno. También hay fósiles de organismos marinos, pero son más difíciles de encontrar. Debemos fijarnos en el tamaño y composición de los granos y *crisales* de *mineral* (*calcita* y *dolomita*), así como el grado de consolidación y resistencia de las rocas a la erosión.

Otro aspecto interesante que observamos en esta parada según vamos por el camino hasta el yacimiento es el *abanico aluvial* que se ha formado por acumulación del *sedimento* que arrastraba el arroyo del Lontanar antes de que se desviara al ser capturado aguas arriba por el arroyo de Valmaillo (mira la Figura 21). Debido a esta captura de la red de drenaje del arroyo del Lontanar (o del Hontanar), el *abanico aluvial* ha quedado abandonado constituyendo una morfología fósil o relict. Los depósitos aluviales que pisamos y la morfología que originan son el resultado de procesos que estuvieron actuando hace miles de años y que hoy deducimos mediante el análisis e interpretación de lo que se conoce como registro geológico.

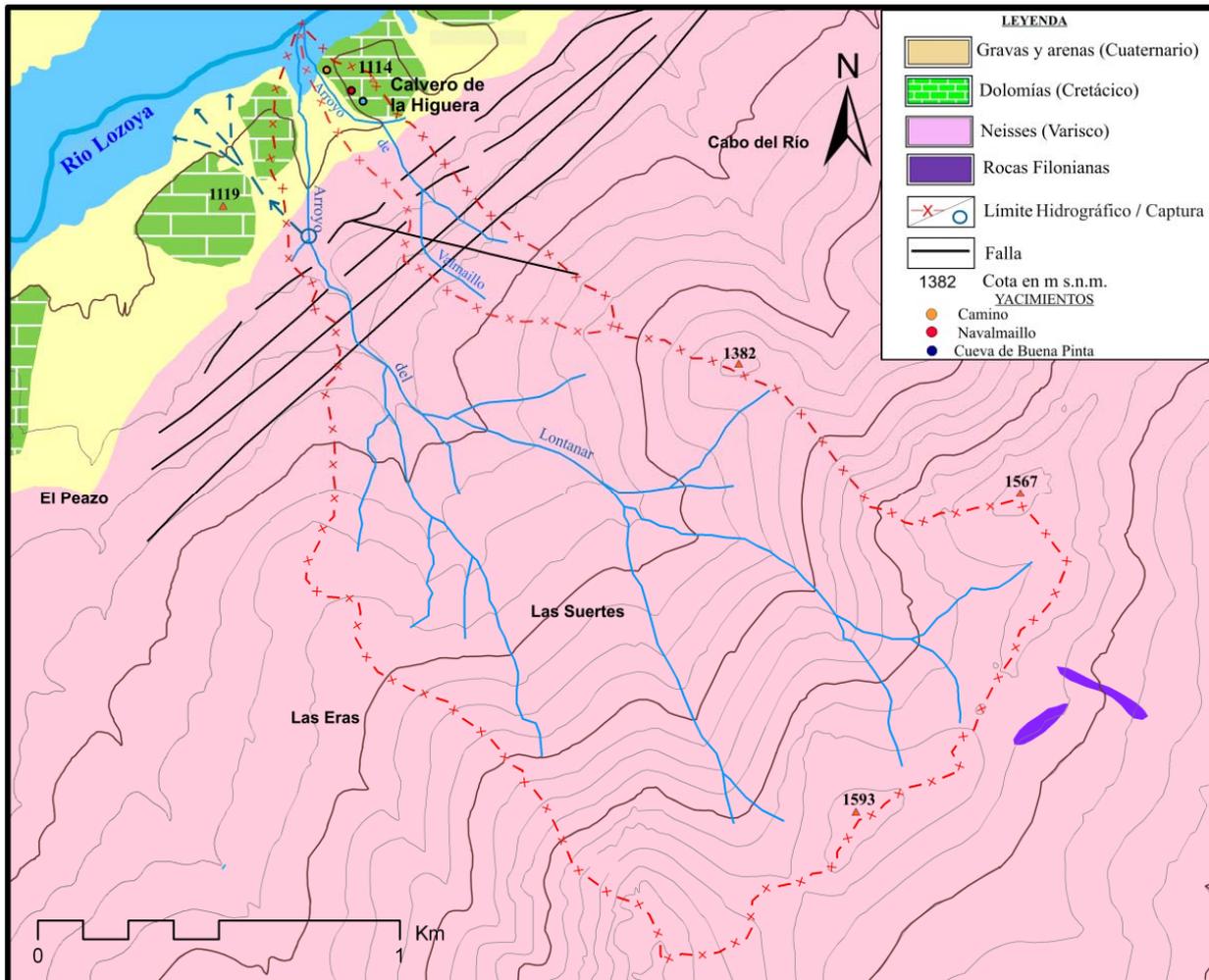


Figura 21: Redes y cuencas hidrográficas de los arroyos de Valmaillo y del Lontanar, mostrando la captura del cauce final del Lontanar por una corriente con mayor capacidad erosiva situada aguas abajo, y que dejó abandonado un pequeño tramo del curso de este arroyo y un *abanico aluvial*, entre dos de los calveros carbonatados (relieves en cuesta) del Cretácico superior.

Origen

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 de la Comunidad de Madrid, 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 la provincia de Segovia hasta la de 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 mediante la compresión y rotura de la corteza continental. Así es como se formaron los bloques levantados y hundidos que mencionamos en las paradas anteriores (mira las figuras 4, 12 y la 22 abajo).

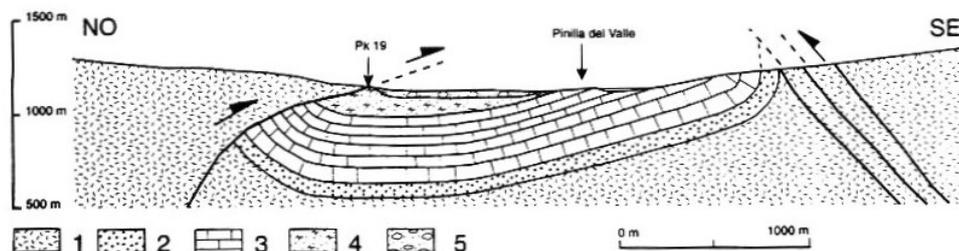


Figura 22: Corte geológico en el entorno de Pinilla del Valle. 1, Basamento de rocas metamórficas y granitos del Paleozoico; 2, Arenas del Cretácico medio; 3, Carbonatos del Cretácico superior; 4, Lutitas y yesos del Paleoceno; y 5, Arenas, gravas y finos del Cuaternario. Tomado de González Casado y De Vicente Muñoz (1996).

Figura 23: Vista oblicua del yacimiento de Des-cubierta y de la cueva de la Buena Pinta.



Los yacimientos paleontológicos y arqueológicos del Calvero de la Higuera en Pinilla del Valle forman un pequeño rosario de cavidades abiertas hacia los valles del sistema fluvial de los cursos de Valmaíllo, Lontanar y Lozoya. La actividad fluvial del arroyo de Valmaíllo (Figura 21) por un lado da origen al abrigo neandertal de Navalmaíllo y por otro redimensiona por erosión el yacimiento del Camino que posteriormente se colmata o rellena por facies detríticas carbonatadas y silíceas, ricas en fauna y la presencia de dos molares humanos. Todos estos procesos se enmarcan en un espacio temporal que abarca probablemente desde finales del *Pleistoceno* medio (hace 128 mil años, MIS 6) hasta la terminación del MIS 5, en el *Pleistoceno* superior, hace unos 70 mil años. La cueva de la Buena Pinta es una cavidad kárstica freática con una cronología indeterminada pero anterior al *Pleistoceno* superior, hace mas de 128 mil años, que es cuando los flujos vadosos originaron un encajamiento de sección rectangular relleno por depósitos detríticos de *carbonatos*, *limos*, *arcillas* e inclusive espeleotemas, fósiles de fauna e industria lítica. Las dataciones disponibles sitúan a estos depósitos (por termoluminiscencia y ^{14}C) en la terminación del MIS 4 (hace 60 mil años). La cueva Des-cubierta (Figura 23) es un conjunto de galerías, aparentemente todas en conexión que forman una red controlada por *diaclasas*. Se descubrió al observar unas direcciones preferentes de rebordes rocosos en las *dolomías* en el entorno de la cueva de Buena Pinta. Se siguieron estas alineaciones rocosas limpiando el suelo *edáfico* (un horizonte A) que dejaron al descubierto unas antiguas estructuras que son galerías de cuevas rellenas por productos clásticos de los techos dismantelados y de fragmentos de *dolomías* que provienen de las

laderas cercanas a esas cavidades. El yacimiento de Des-cubierta apenas esta excavado y promete descubrimientos muy importantes para comprender el hábitat y las condiciones ambientales de los neandertales desde hace mas de 100 mil años hasta los 40 mil años que es cuando pudo llegar el hombre moderno desde África a Europa occidental.

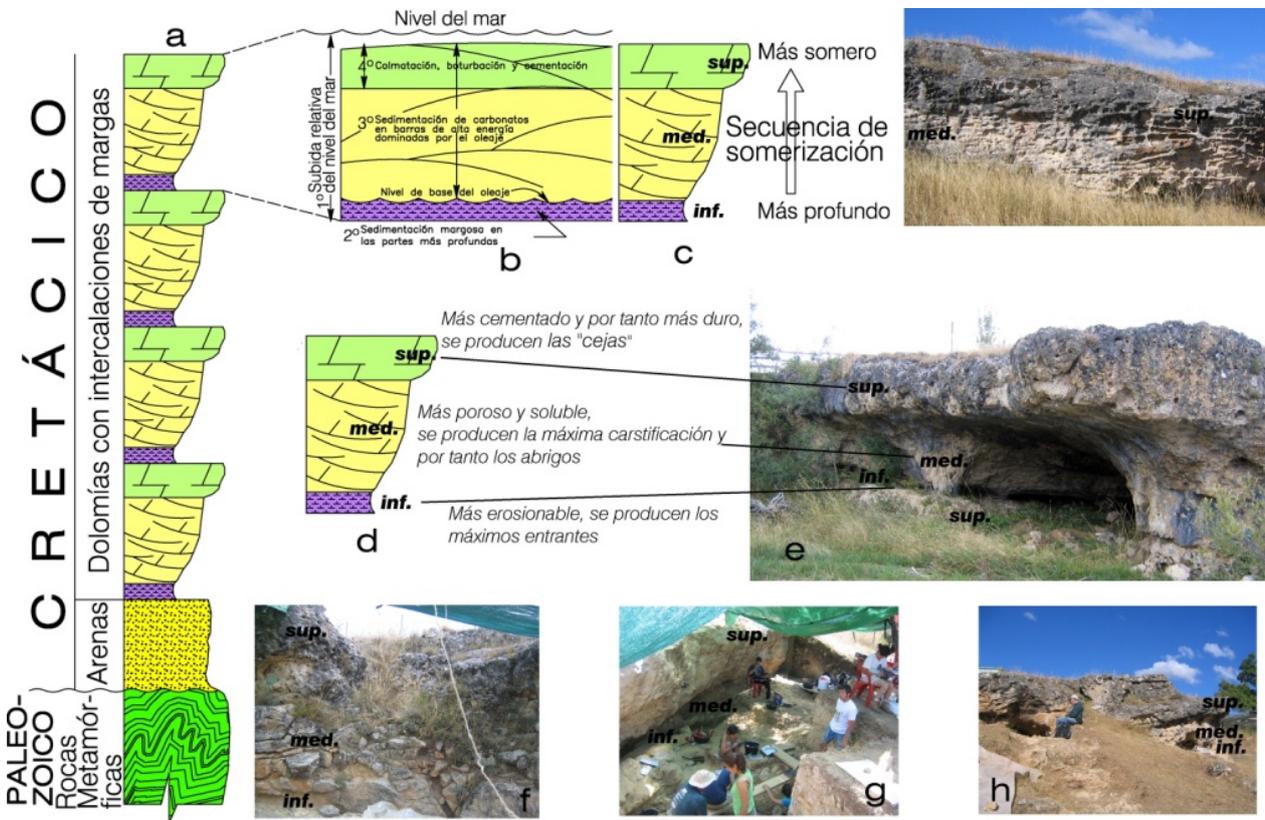


Figura 24: Influencia de las secuencias sedimentarias en la formación de las cavidades del yacimiento de Pinilla del Valle: (a) Estratigrafía del Cretácico del Calvero de la Higuera; (b y c) Origen de las secuencias de “sommerización” e imagen del Calvero de las Tumbas; (d) Correspondencia entre los términos de las secuencias de “sommerización” y las formas del terreno; (e) Morfología kárstica característica en la vaguada inmediata al NE del Calvero de la Higuera; (f) Yacimiento de Camino y posición de los términos de la secuencia; (g) Yacimiento de Navalmaillo; y (h) Yacimiento de la Buena Pinta.

Por el camino

Volvemos a Pinilla del Valle y retomamos la carretera M-604 hacia el norte, pasando de largo Lozoya en dirección a la A-1. Por el camino, vamos rodeando el embalse de Pinilla, cuya presa aprovecha el relieve originado por la falla inversa del margen sureste de la fosa tectónica de Lozoya.

Parada 4

Lugar

Entorno del puente del Congosto, sobre el río Lozoya.

Acceso

Desde la Parada 3 seguimos por la carretera M-604 hacia el nordeste, pasando de largo el pueblo de Lozoya. Pasado el PK 13, tomamos a la derecha entorno al PK 12,2 hacia la presa de Pinilla y a unos 150 m entramos por una puerta a la izquierda para acceder a un área de aparcamiento (mira la foto aérea de la Figura 25). Desde el aparcamiento recomendamos bajar andando directamente al río Lozoya y seguir su margen izquierda hasta la zona en que empieza a encajonarse. La vuelta al vehículo la podemos hacer desde el puente del Canto o del Congosto, dando un paseo por el camino que sube hacia la carretera.

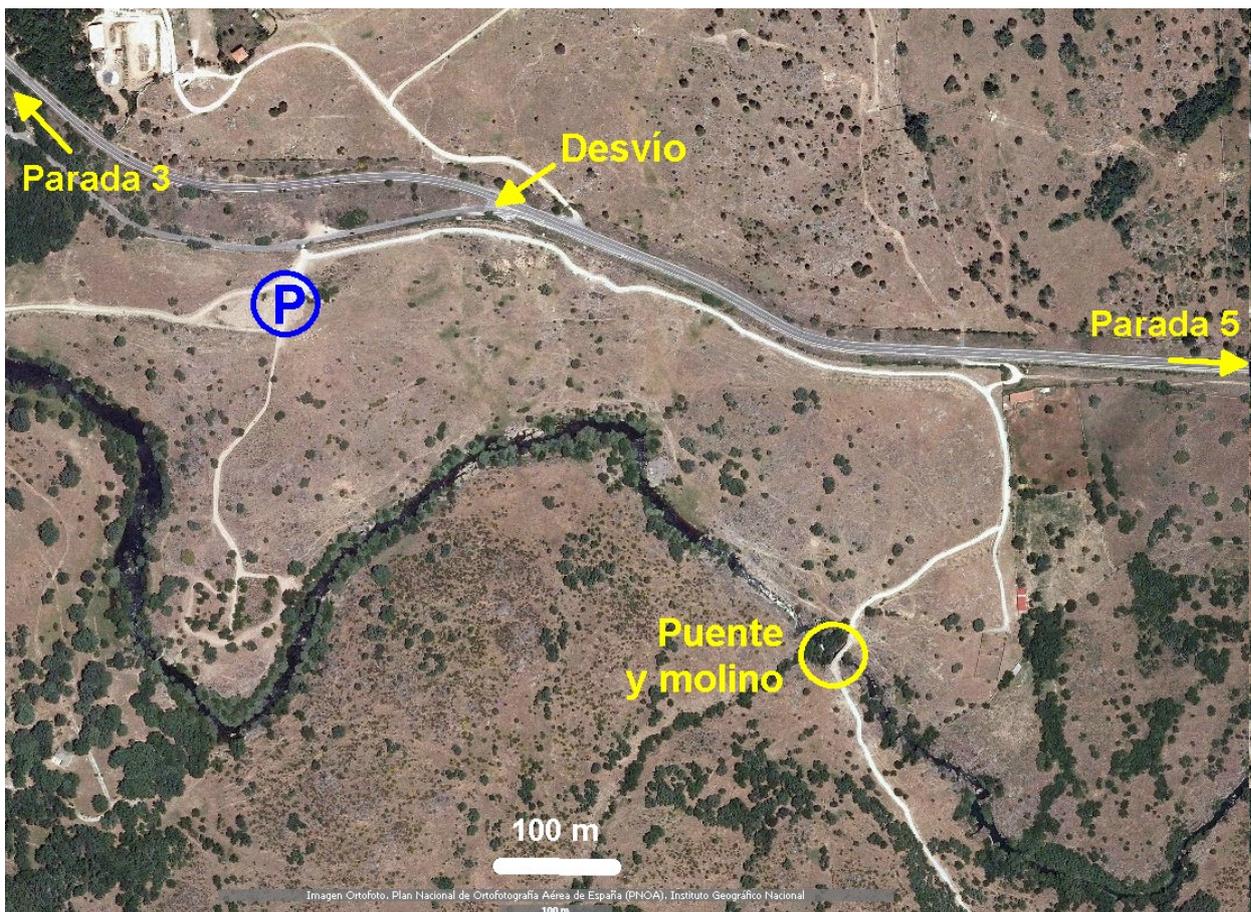


Figura 25: Esquema de acceso a la Parada 4, en el entorno del puente del Canto o del Congosto.

Material y edad

Gneis del *Paleozoico* (protolito del Ordovícico y *metamorfismo* del Carbonífero). Encajamiento progresivo del río Lozoya en los *gneises*.

Características

Al llegar al río veremos cómo se va encajonando progresivamente mediante el desarrollo de pequeñas piletas que, por profundización y ensanchamiento, pasan a pilancones y posteriormente a grandes marmitas. Antes de llegar al puente veremos a la derecha los restos de un antiguo molino que aprovechaba la energía hidráulica originada por la diferencia de altura que resulta del encajamiento del río Lozoya. Podemos ver también lo que queda del canal excavado en el *gneis* para llevar el agua hasta el molino manteniendo la altura en la margen izquierda. El camino principal pasa por 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 26).

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, el cauce 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 27).



Figura 26: Aspecto del puente medieval del Congosto, construido con *gneis* sobre el río Lozoya y cimentado sobre *gneis*.

Figura 27: 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 28: 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.

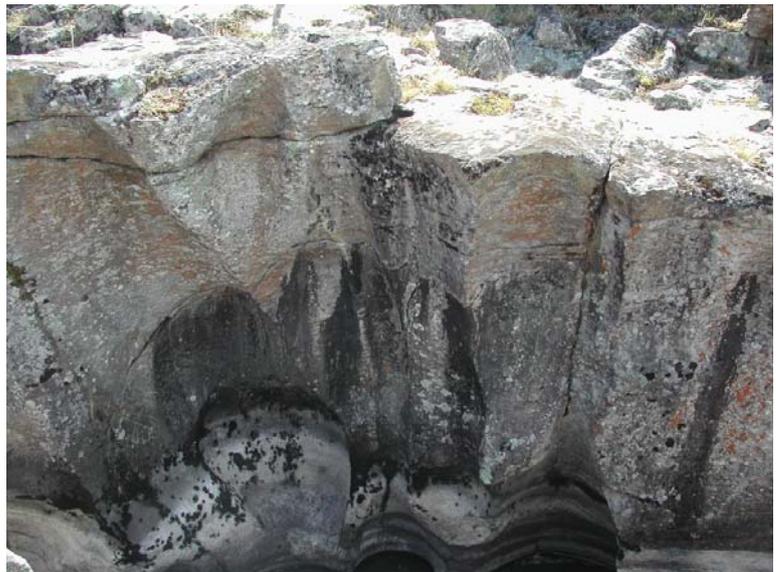


Figura 29: Aguas arriba del puente del Congosto, el río Lozoya se está encajando actualmente en el *gneis* mediante la formación de marmitas de gigante.

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*, que en este caso probablemente fuera una *roca volcánica*. Durante el *metamorfismo*, al estar sometido a muy altas temperaturas y presiones en el interior de la corteza terrestre, los *minerales* sufren transformaciones para adaptarse 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 *crisales* grandes de *feldespato* que se conocen como glándulas o porfiroblastos, y que dan lugar a los llamados *gneises* glandulares como los que vimos en la zona del Puerto de la Morcuera (Figura 13).

Las manchas rojizas y anaranjadas se deben a la oxidación e hidratación de *minerales* de hierro que suele haber en el *gneis* en pequeñas cantidades, como la pirita, la biotita o la magnetita. Como resultado se forman nuevos *minerales* como hematites, goethita o limonita, que son óxidos de hierro, respectivamente nada, poco o muy hidratados, y que respectivamente dan lugar a los colores rojizos, anaranjados y ocres. 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 (varios kilómetros). 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 *crisales* 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. A unos 500 m, tomamos 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* ni *dolomía*. Si fuera así, entonces habría otros árboles como quejigo 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 5

Lugar

Área recreativa en las cercanías del Puerto de la Morcuera.

Acceso

Desde la Parada 4 continuamos por la carretera M-604 en dirección a la A-1, pasando 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 (Figura 30).

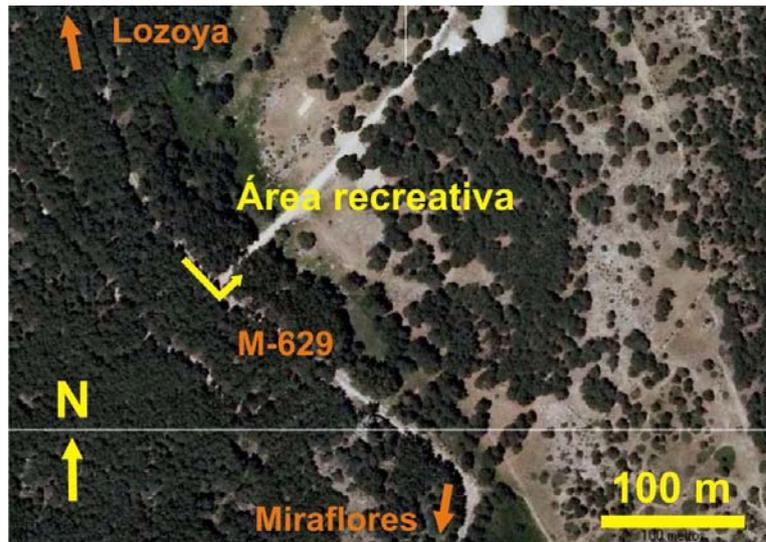


Figura 30: Esquema del acceso a la Parada 5, antes de llegar al Puerto de Canencia.

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. En las canteras de la zona (Bustarviejo, 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 *crisales* 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 proporción 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 31: *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 en las rocas metamórficas (*gneises*) y sedimentarias (*calizas* y *dolomías*). Por lo tanto, los únicos planos de debilidad para la alteración de los *minerales* del *gneis* suelen ser los planos de *fractura*. Entre varios de estos planos de *fractura* que limitan 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 química del agua. 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 por la erosión. Después quedarían 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 de *minerales* oscuros (gabarros) suelen ser más resistentes a la erosión y dan morfologías que destacan sobre el fondo granítico.

Al erosionarse el *granito*, se separan los *crisales* 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* del Tajo. 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 Bordiú 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/Inicio.icm> 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 1946 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 de mapas y fotos aéreas disponible en <http://www2.ign.es/iberpix/visoriberpix/visorign.html>, 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 y en diferentes años. 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.

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.

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 $(\text{CO}_3)^{2-}$.

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.

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.

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.

Díaz-Martínez, E., y Rodríguez-Aranda, J.P. (2008). **Itinerarios geológicos en la Comunidad de Madrid**. IGME, Colección Guías Geológicas, no. 1, 192 p.

Libro que recoge las excursiones geológicas realizadas por el IGME en la Comunidad de Madrid para la Semana de la Ciencia de 2004 a 2009. El itinerario de esta guía será incorporado en una futura edición corregida y aumentada.

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.

González Casado, J.M. y De Vicente Muñoz, G. (1996). **Evolución alpina del Sistema Central Español**. En: M. Segura, I. Bustamante y T. Bardají (Editores), "Itinerarios geológicos desde Alcalá de Henares". IV Congreso Geológico de España, p. 141-151.

Este artículo es también por y para especialistas, y es de donde hemos sacado la figura .

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 16.

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 (cualidades 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 utilizemos 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

