



MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD



Instituto Geológico  
y Minero de España

## Itinerario geológico por la Pedriza del Manzanares

### GUÍA DE LA EXCURSIÓN<sup>1</sup>

14 de noviembre 2013



Responsables/coordinadores:

- Luis Carcavilla Urquí
- Angel Salazar Rincón

<sup>1</sup> La introducción inicial de esta guía y el glosario que figura al final de la misma procede de la siguiente publicación:

DÍAZ-MARTÍNEZ, E. y RODRÍGUEZ ARANDA, J.P. (2008). *Itinerarios geológicos en la Comunidad de Madrid*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 192 p.

También puedes consultar parte del contenido de esta publicación en:

<http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/patrimonio/rutas/geologicas/ItinerariosGeologicos/>

Los organizadores agradecen la colaboración prestada por el Centro de Educación Ambiental Manzanares, perteneciente a la Red de Centros de Educación Ambiental de la Comunidad de Madrid, para la preparación de este itinerario.

# Índice

<b>1.Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>2.Geología de Madrid.....</b>	<b>4</b>
<b>3.Un poco de historia.....</b>	<b>7</b>
<b>4.Descripción general del recorrido.....</b>	<b>10</b>
<b>5.Aspectos geológicos generales de La Pedriza del Manzanares.....</b>	<b>11</b>
<b>Paradas 1 y 2: Collado de Quebrantaherraduras y Canto Cochino</b> La fracturación de las rocas graníticas y su relación con las formas mayores del relieve.....	13
<b>Parada 3: Desprendimientos de Peña Sirio</b> La evolución del paisaje: berrocales, piedras caballeras y pedrizas.....	17
<b>Parada 4: Algunas rocas singulares</b> La alteración de las rocas graníticas y las formas menores.....	20
<b>Parada 5: Llano Peluca y el refugio Giner</b> El agua en La Pedriza.....	23
<b>Parada 6: El Canto del Tolmo</b> Una roca monumental.....	25
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>27</b>
<b>Apéndice I: ¿Como se clasifican las rocas ígneas y los granitos?.....</b>	<b>28</b>
<b>Apéndice II: ¿Dónde puedo encontrara más datos?.....</b>	<b>30</b>
<b>Apéndice III: Glosario.....</b>	<b>32</b>
<b>Apéndice IV: Escala del tiempo geológico.....</b>	<b>35</b>

## 1.Introducción

Si hay un lugar de la Comunidad de Madrid donde la geología desarrolla un paisaje único, enérgico y con personalidad propia, ese es La Pedriza del Manzanares. Situada a poca distancia de la localidad de Manzanares el Real, es visitada por miles de personas al año que buscan disfrutar de sus espectaculares paisajes graníticos.

El relieve de La Pedriza presenta un aspecto caótico, como si fuera los pedazos de una estructura mucho mayor. Constituye un paisaje eminentemente geológico, laberíntico y lleno de contrastes: suaves planicies que contrastan con enérgicos roquedos, grandes llanbrías frente a relieves más verticales, bloques individualizados frente a cordales continuos, pozas y saltos de agua frente a estrechos riachuelos... Todos estos contrastes se deben al desigual comportamiento que este macizo granítico presenta frente a la erosión, de manera que constituye un auténtico museo al aire libre de formas graníticas. Las curiosas morfologías que adoptan los riscos dan lugar a que reciban nombres de formas comunes, como el Yelmo (figura 1), el Pájaro, la Foca, el Camello, o el Elefantito, entre muchos otros.

La Pedriza tiene una superficie aproximada de 3.200 hectáreas, ubicadas dentro del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares, el espacio natural protegido más extenso de la Comunidad de Madrid.

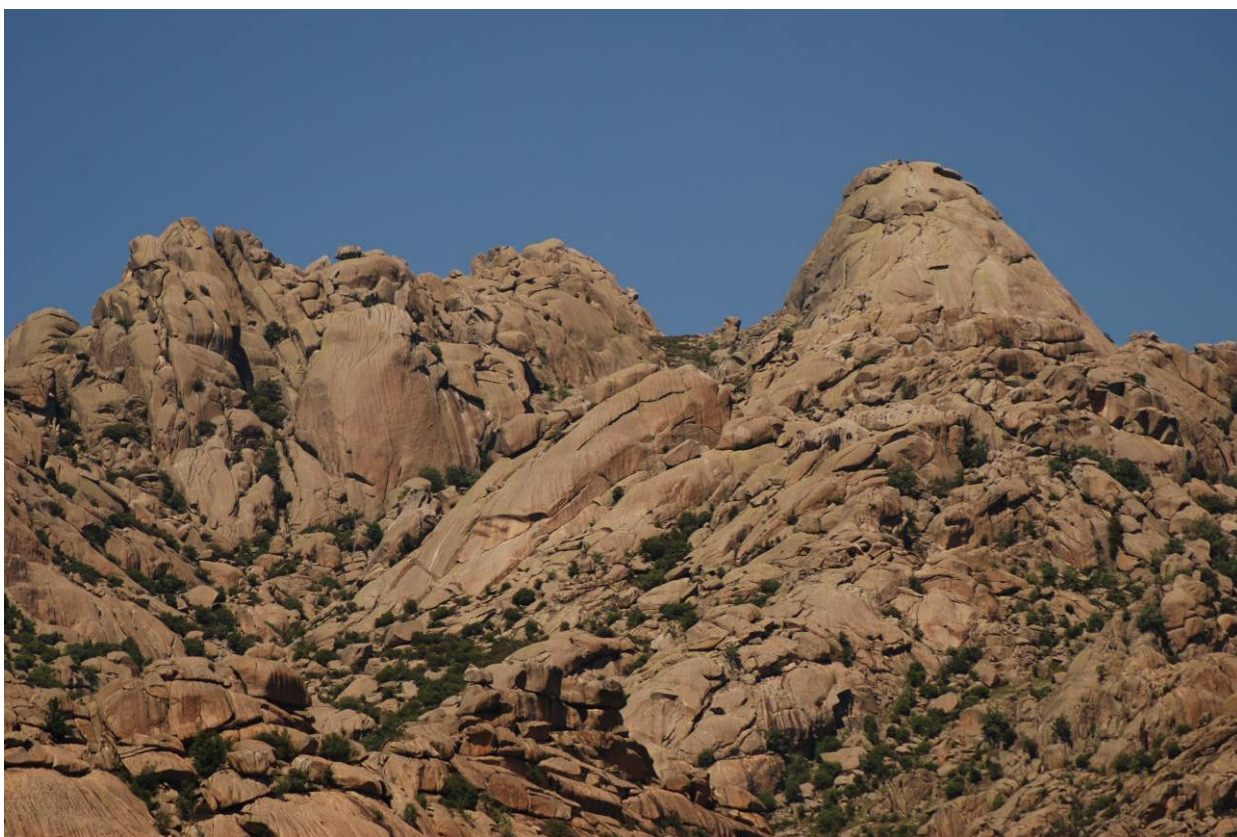


Figura 1: Vista del espectacular paisaje geológico de La Pedriza. A la derecha el Yelmo, uno de los riscos más emblemáticos.

En esta excursión se va a realizar un fácil y corto recorrido a pie que permita identificar los rasgos más destacados de este espectacular paisaje geológico. La memoria incluida a continuación pretende ser una guía para apoyar ésta y muchas otras visitas, ya que La Pedriza es una fuente inagotable de recorridos en los que disfrutar del paisaje y la geología.

## 2.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.

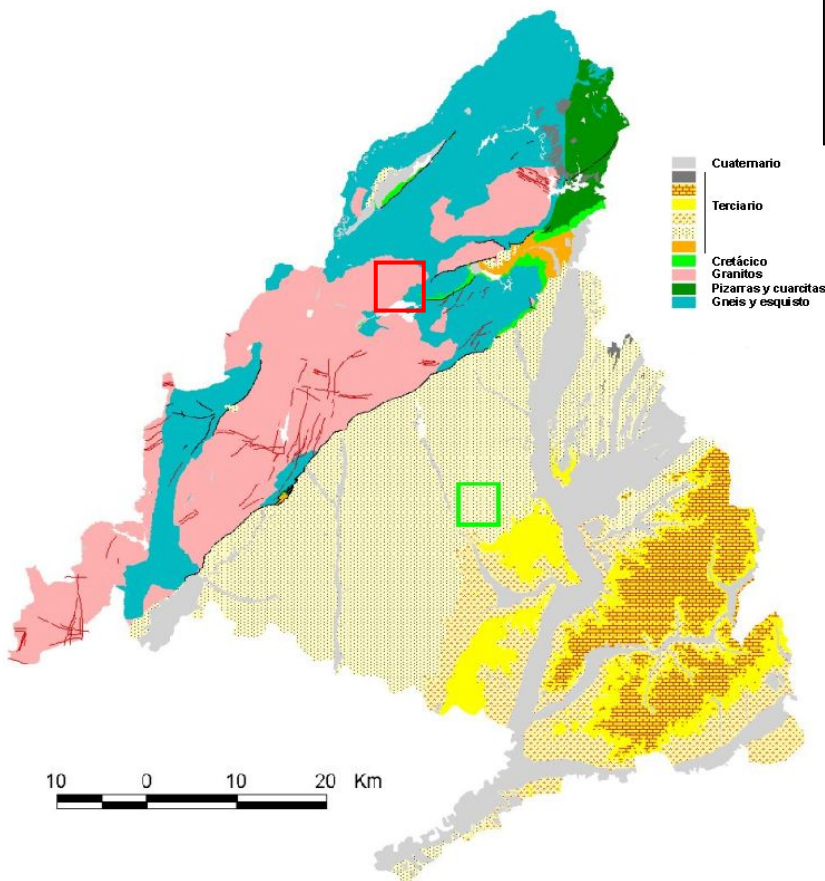


Figura 2: Esquema geológico de la Comunidad de Madrid. El recuadro verde marca la localización de la ciudad de Madrid y el recuadro rojo la zona visitada en la excursión.

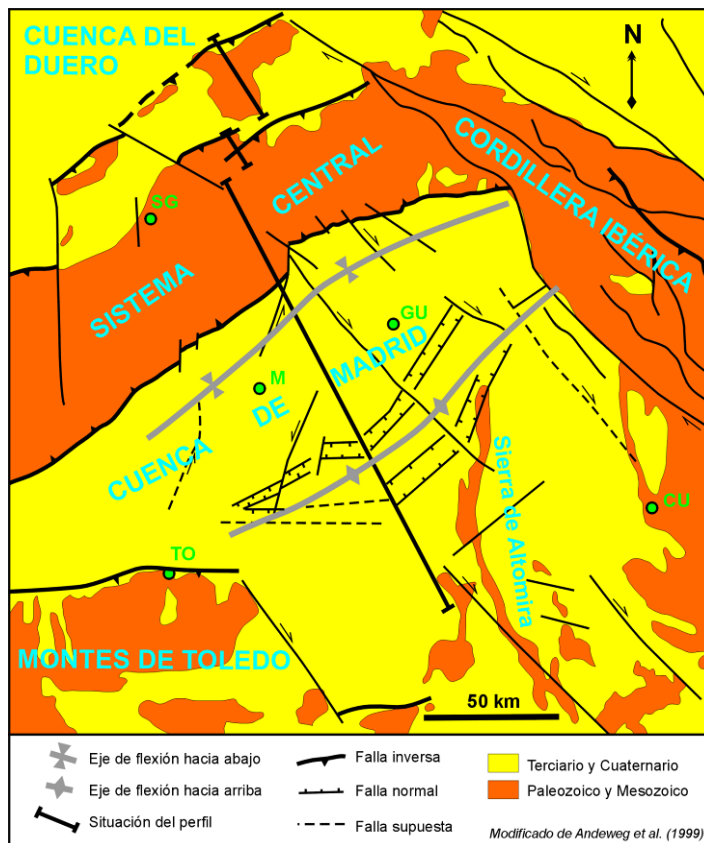


Figura 3: Principales estructuras tectónicas que afectan a la corteza terrestre en la zona central de la Península Ibérica. Las siglas se refieren a las capitales de provincia.

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.

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.

Después de la formación de las 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.

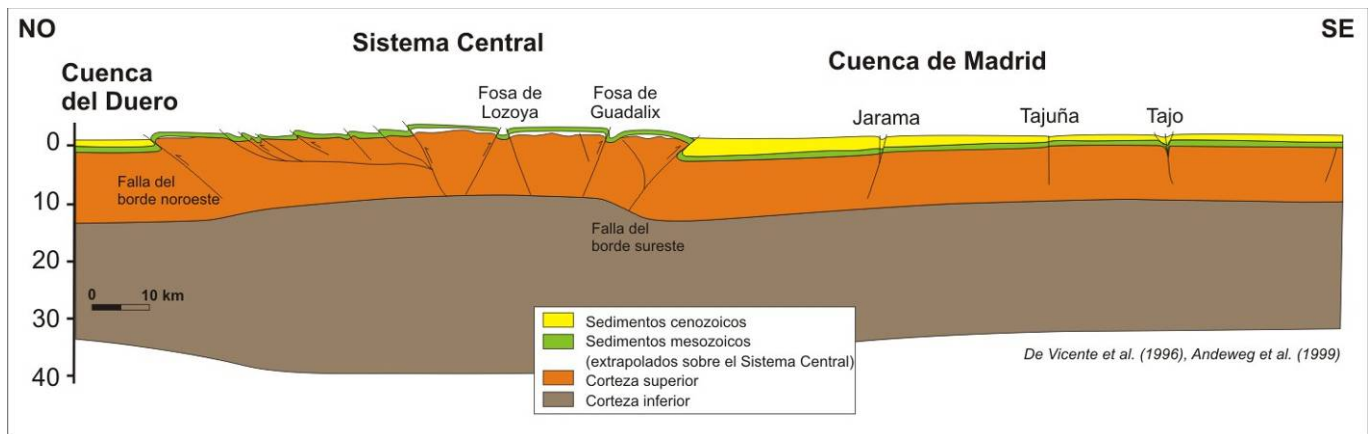


Figura 4: Corte geológico esquemático mostrando la estructura interna de la corteza terrestre en la zona central de la Península Ibérica. La situación del corte está indicada en la figura 3.

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.

### 3.Un poco de historia<sup>2</sup>

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".



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

En la "Comisión del Mapa Geológico de España" participo muy activamente 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 (figura 5) 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.

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 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 colaboró con la Institución Libre de Enseñanza, entre cuyos fundadores se hallaban Salvador Calderón y Francisco Giner de los Ríos.

José Macpherson (figura 6) 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 glaciario 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

<sup>2</sup> Este texto ha sido elaborado por nuestro compañero F. López Olmedo, al que queremos expresar nuestro agradecimiento

Peñalara y hay que reconocerle el mérito de ser el primero en atribuir un origen glaciar 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 1.

En 1915, el arqueólogo y sacerdote alemán Hugo Obermaier (1877-1946), comenzó el estudio del macizo de Peñalara en compañía de Juan Carandell y Eduardo Hernández Pacheco. Obermaier y Carandell publicaron sus resultados sobre el glaciario de Peñalara en 1917 (figura 8).

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



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

"Sitios y Monumentos Naturales de Interés Nacional", como el Pinar de la Acebeda, La Pedriza del 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.

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 a él (figura 7).

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. La Fuente de los Geólogos, en las proximidades del Puerto de Navacerrada.

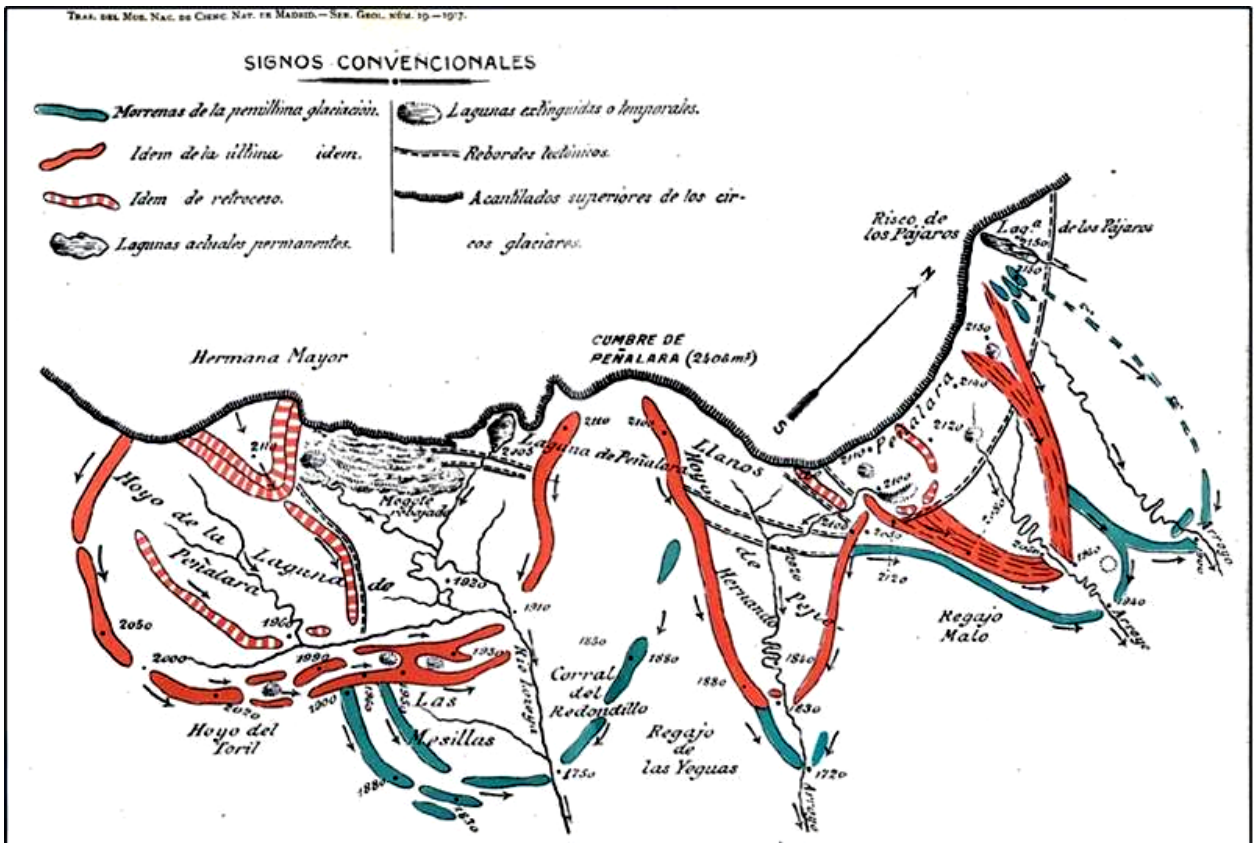


Figura 8: Mapa de las morrenas y lagunas glaciares del entorno de Peñalara (Obermaier y Carandell, 1917).

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). Finalmente, en el año 2013 fue declarado el Parque Nacional Sierra de Guadarrama, que incluye el conjunto de La Pedriza en su delimitación. .

## 4.Descripción general del recorrido

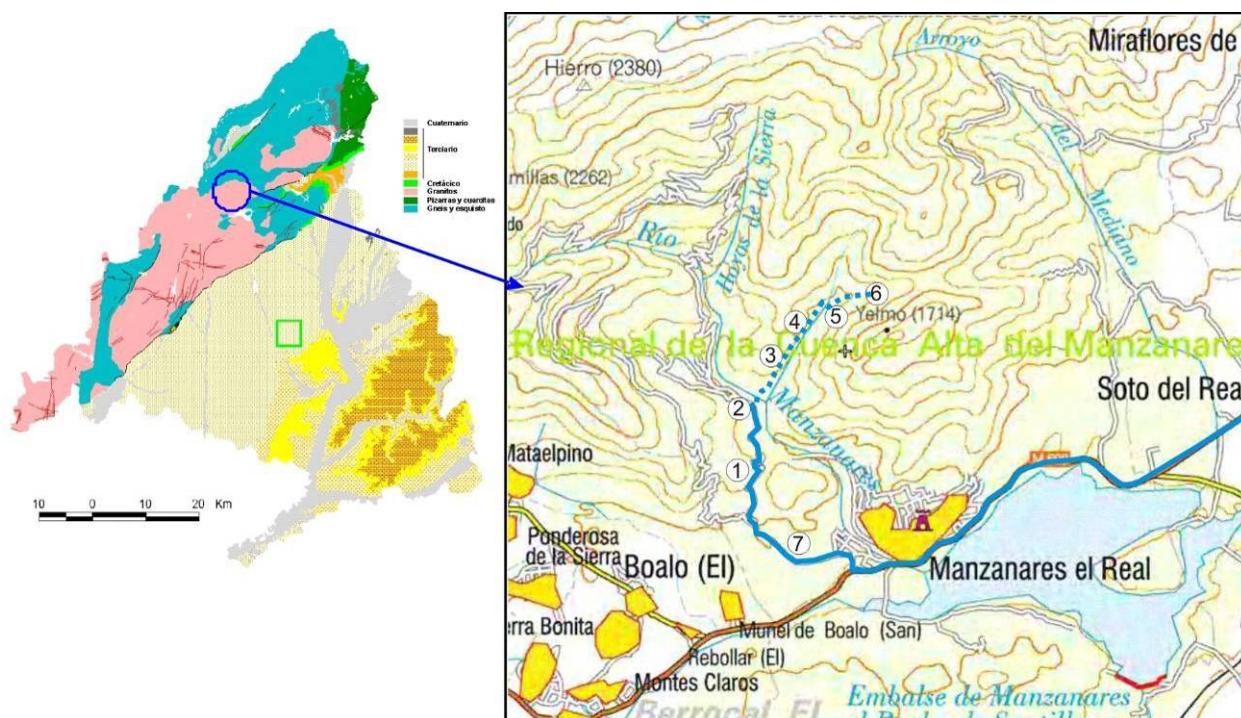


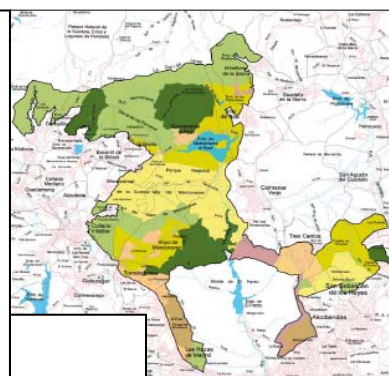
Figura 9: Mapas geológico de la Comunidad de Madrid y topográfico de La Pedriza (números: paradas de esta guía; línea azul continua: recorrido en vehículo; línea azul discontinua: recorrido andando).

Salimos de Madrid por la Autovía de Colmenar Viejo (M-607) y nos desviamos hacia la localidad de Manzanares el Real (M-609, M-862 y M-608). Pasaremos por delante del famoso palacio-fortaleza de los Mendoza (Siglo XV) y a la salida del pueblo de Manzanares tomaremos un desvío hacia el Centro de Educación Ambiental y la pista asfaltada que sirve de acceso hacia La Pedriza.

La primera parada la realizaremos en el collado de Quebrantaherraduras (parada 1, figura 9), desde donde, si la meteorología nos ayuda un poco, tendremos una magnífica vista de conjunto de todo el macizo de La Pedriza y de las principales unidades de relieve que lo componen. De nuevo tomaremos el vehículo para dirigirnos al aparcamiento de Canto Cochino, donde podremos tener otra perspectiva general de La Pedriza (parada 2, figura 9). A partir de aquí realizaremos un pequeño recorrido a pie, cuya longitud total es de unos 5 km (ida y vuelta) y con un desnivel de unos 200 m. Nuestro camino, que los montañeros llaman “la autopista de La Pedriza”, va paralelo al arroyo de las Majadillas, y por él llegaremos al famoso canto del Tolmo (parada 6, figura 9). Pero antes realizaremos diversas paradas para observar algunos rasgos geológicos y geomorfológicos característicos. Una vez que hayamos regresado a Canto Cochino, nos acercaremos a visitar el Centro de Educación Ambiental, donde finalizaremos el recorrido (parada 7, figura 9).

La Pedriza forma parte del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares, declarado como tal por la Ley 1/1985, de 23 de enero (BOCM 8/02/1985).

Es una de las áreas de mayor valor natural del Parque y forma parte de la zona de Reserva Natural Integral. Por ello, está sometida a ciertas medidas especiales de protección. Entre otras, cabe señalar el control del número de vehículos que acceden a la zona en la barrera existente a la entrada de ésta, donde se permite el acceso al área de aparcamiento de 375 vehículos. Además, en este puesto de control se entrega a los visitantes un folleto informativo y una bolsa para que depositen los residuos y basuras que puedan generar durante su estancia.



## 5.Aspectos geológicos generales de La Pedriza del Manzanares

En este recorrido veremos exclusivamente rocas magmáticas o ígneas y más concretamente rocas plutónicas del grupo de los granitos, que están atravesadas de vez en cuando por intrusiones de estrechos diques de rocas filonianas. Las rocas plutónicas son muy abundantes en toda la Sierra de Guadarrama, y no solamente en La Pedriza. Se trata de rocas ígneas cuyo emplazamiento se produjo a finales de la orogenia Varisca (figura 10). Debido a su gran resistencia, el granito se usa frecuentemente en edificios y construcciones, por toda la zona hay buenos ejemplos de ello (acueducto de Segovia, castillo de los Mendoza, monasterio del Escorial, etc.).

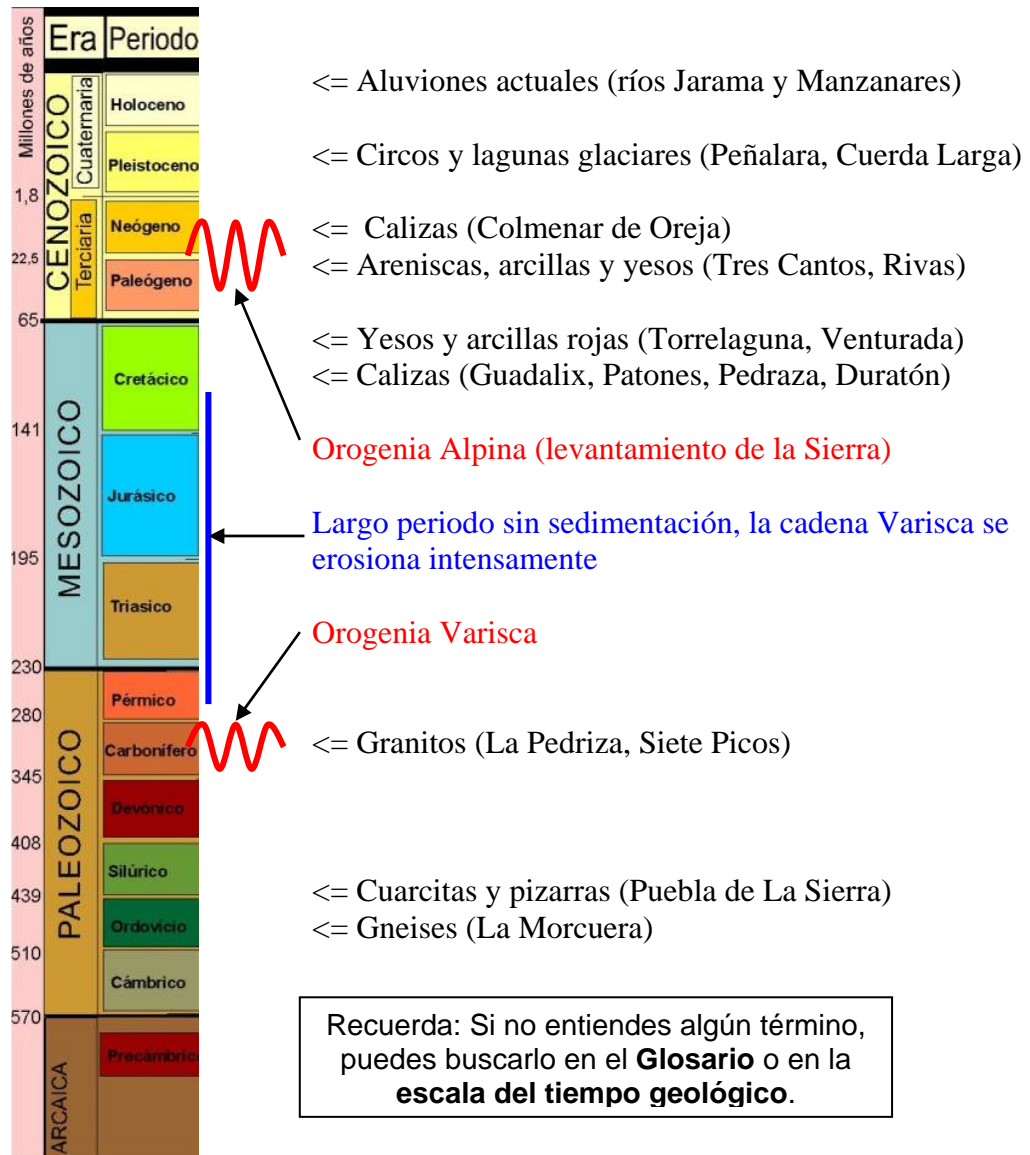


Figura 10: Edad aproximada de algunas de las formas, rocas y sedimentos de la Sierra de Guadarrama y sus alrededores. Se señalan entre paréntesis algunos de los lugares más típicos donde puedes encontrarlas.

Aunque los granitos se parecen unos a otros, si nos fijamos en el tamaño de los cristales y en los diferentes minerales que los componen, podremos observar pequeñas diferencias. La nomenclatura que usan los geólogos para diferenciar y describir unos tipos de rocas ígneas de otros es algo complicada, por ello, en un apéndice al final de esta guía encontraras información sobre dicho asunto. A efectos de interpretar los tipos de relieves a los que dan origen, las rocas plutónicas del Guadarrama se pueden agrupar dos asociaciones de rocas principales (figura 11):

- **Monzogranitos** (también se les llama adamellitas) y **granodioritas**. Existe un tránsito gradual entre los monzogranitos (una roca granítica con proporción similar de plagioclasa y feldespato potásico) y las granodioritas (rocas con más plagioclasa que feldespato potásico). Como minerales ferromagnesianos, también contienen biotita y cantidades menores de cordierita y horblenda. La textura es de grano grueso a medio. Forman grandes masas que intruyen a las rocas metamórficas de medio y alto grado de la Sierra. Se meteorizan más fácilmente que las del siguiente tipo, dando lugar a un material suelto de aspecto arenoso, llamado “*lehm*” o “*grus*”.
- **Granitos y leucogranitos tardíos**. Incluye granitos de grano grueso, con algunos monzogranitos y granitos de color claro (leucogranitos) de grano fino a medio. Contienen mayor cantidad de feldespato potásico y, sobre todo, de cuarzo que el grupo anterior, y localmente presentan cordierita, andalucita y moscovita como ferromagnesianos. Forman grandes masas plutónicas cuyo emplazamiento es posterior (tardío) a los monzogranitos y granodioritas. Son más resistentes a la meteorización que las anteriores, por lo que dan origen a los relieves graníticos más característicos de la Sierra (Siete Picos, La Cabrera, La Pedriza) y el *lehm* o *grus* presenta menor desarrollo.

La parte interna del macizo de La Pedriza la forman rocas de este segundo grupo, y son leucogranitos de grano grueso y de coloración clara, que presentan cantidades variables de biotita y en los que los enclaves máficos microgranudos o de origen metamórfico están casi ausentes. Por oxidación de la biotita que contienen, la roca adquiere una tonalidad ligeramente rojiza.



Figura 11: A la izquierda, muestra pulida de un monzogranito de grano medio-grueso biotítico, procedente de las canteras de Valdemanco, y que recibe el nombre comercial de Blanco Berrocal. A la derecha muestra de un leucogranito de grano medio biotítico-moscovítico, procedente de las canteras de Cadalso de los Vidrios, y que recibe el nombre comercial de Blanco Cristal. Este último, es similar a los que veremos en La Pedriza

Las **rocas filonianas** aparecen en La Pedriza como diques que se distribuyen dentro de la masa de rocas graníticas, siendo los más notables los de dirección E-W y de composición microdiorítica, aplítica y de porfidos graníticos. Son de destacar los diques que se pueden observar en la zona de Charca Verde, pues aquí, debido al lavado de la roca por el propio río Manzanares, la calidad del afloramiento es muy buena; y también el de la cantera abandonada ubicada en El Jaralón (al este del collado de la Dehesilla) o el dique situado al NE del Yelmo.



Con este microscopio, que se conserva actualmente en la Fundación Giner de los Ríos (Madrid), José Macpherson inicio los primeros estudios de petrografía microscópica en España. Para ello, mandó construir una casa-laboratorio privado en Madrid, donde facilitó el uso y enseñó a todo aquel que estaba interesado las técnicas de la petrografía óptica.

Aunque hoy en día el microscopio petrográfico es un instrumento común en cualquier laboratorio de geología, a finales del siglo XIX era una novedad en Europa, y no existían en la universidad española ni en ningún centro público o privado.

## Paradas 1 y 2: Collado de Quebrantaherraduras y Canto Cochino

La fracturación de las rocas graníticas y su relación con las formas mayores del relieve

Desde la barrera de acceso de La Pedriza, seguimos en vehículo hasta alcanzar el alto del Collado. Hay un aparcamiento a la izquierda y desde allí un camino nos lleva hasta un panel informativo. Esta primera parada constituye un mirador excepcional para observar dos aspectos importantes de La Pedriza: su ubicación en relación con el resto de la Sierra y la relación de la fracturación de la roca con la organización de las formas mayores de su relieve.

Desde este lugar estamos divisando el valle alto del río Manzanares, las montañas más altas que se ven forman la llamada “Cuerda Larga” (figura 12), una sucesión interrumpida de cumbres de más de 2.000 m que se extiende desde el Puerto de Navacerrada (oeste) hasta el de la Morcuera (este). A pesar de su altitud, sus cumbres son bastante llanas, especialmente en el tramo llamado Loma del Pandasco, en buena parte porque conservan la morfología de una superficie de erosión antigua y que fue elevada durante la orogenia alpina (figura 10).



Figura 12: Vista general de la Cuerda Larga y La Pedriza del Manzanares desde el collado de Quebrantaherraduras.

**La roca más abundante en la Cuerda Larga es el gneis** (o neis), un tipo de roca metamórfica de composición mineral similar al granito, pero cuyos minerales forman un bandeo característico al que se denomina foliación. Estos gneises están descritos en la cartografía geológica de la zona como *ortogneis glandular*, el prefijo orto- indica que la roca original era ígnea (si proviniese de la transformación de una roca sedimentaria se le llamaría *paragneis*), y el adjetivo glandular hace referencia a la presencia de grandes cristales de feldespato (figura 13).

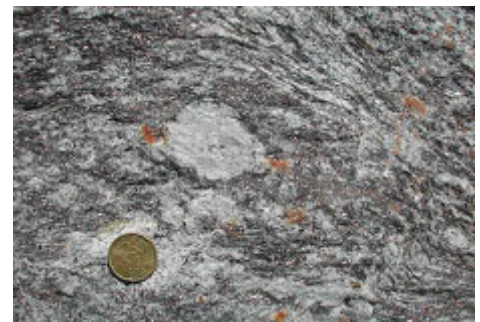


Figura 13: Muestra de ortogneis glandular similar a los de la Cuerda Larga.

Bajo las cumbres de la Cuerda Larga se puede observar una serie de huecos semicirculares, se trata de **pequeños circos o nichos de origen glaciar**, que en la comarca se llaman hoyos, y que se formaron durante la última glaciación del Pleistoceno (figuras 8 y 12).

Más abajo, el color de la roca y el aspecto general del relieve cambia. Este cambio se corresponde con el contacto entre las rocas graníticas y el gneis. Es un contacto de tipo intrusivo, pues es el resultado de la ascensión y emplazamiento del magma granítico en el gneis. El relieve de la Pedriza aparece dividido o compartimentado en unos grandes conjuntos bien definidos y de aspecto contrastado. Esto es así porque un macizo rocoso es un medio discontinuo, que esencialmente está constituido por bloques separados por planos de discontinuidad (fracturas). La respuesta del macizo a las acciones de los agentes meteóricos está determinada no solamente por las propiedades de la propia roca, sino también por las características y orientación de las discontinuidades que presenta, ya que la resistencia de la

roca sin fracturar frente a dichos agentes es siempre muy superior a la del macizo rocoso en su conjunto.

**Las fallas son las discontinuidades mayores**, se forman cuando las fuerzas tectónicas superan la resistencia de las rocas y su formación va acompañada de un desplazamiento relativo de las rocas situadas a uno y otro lado de la falla. Aunque a efectos explicativos suelen representarse las fallas como un plano (plano de falla), en la realidad todas las fallas tienen un cierto espesor, por lo que es más adecuado hablar de una zona de falla compuesta por innumerables superficies de rotura y que contiene rocas intensamente deformadas (se les llama cataclasitas o cataclastitas) y que, según el tamaño de sus fragmentos, se clasifican como brechas de falla, microbrechas o harina de falla. Por ello, y como las fallas son zonas de roca ya fragmentada, en los macizos graníticos dan lugar a valles y corredores más o menos deprimidos que separan zonas más elevadas. En La Pedriza del Manzanares podemos encontrar fallas principales de dirección preferente E-W a ENE-WSW (como la de la Gran Cañada, la de la alineación collado de la Dehesilla–collado Cabrón o la del collado de la Ventana) y otras que siguen un trazado más o menos ortogonal N-S a NNE-SSW (como la del arroyo de las Majadillas). Estas grandes fallas dividen La Pedriza en tres subconjuntos o zonas de aspecto diferente:

- **Dominio anterior o Pedriza anterior**, cuyo pico más representativo es el Risco del Yelmo (figuras 1 y 14) o del Diezmo (1.719 m), pero que en realidad culmina en los riscos de Los Fantasmas (1.727 m). Se extiende desde las inmediaciones de Manzanares el Real hasta la falla del collado de la Dehesilla–arroyo de la Dehesilla-collado Cabrón. Además, existen pequeños valles y corredores menores E-W (Hueco de las Hoces, la Gran Cañada, collado de la cueva del Ave María) que permiten delimitar zonas menores.
- **Domino central**, que comprende desde la falla del collado de la Dehesilla hasta la del collado de la Ventana. Destacan de esta zona el Cancho de la Herrada (que los escaladores conocen como Pared de Santillana) y el risco del Pinganillo o Pájaro.
- **Pedriza posterior**, constituye la cabecera del arroyo de las Majadillas y tiene una forma semicircular; aunque muchas veces se le llama circo de La Pedriza, no tiene un origen glaciar. Su culminación está en los riscos llamado Cinco Torres o Torres de La Pedriza (2.029 m), que son los más altos de todo el macizo.



Figura 14: Dibujo de la peña del Yelmo o Diezmo, en La Pedriza anterior (Casiano de Prado, 1864).

**Las diaclasas son fracturas menores** en las que no ha habido desplazamiento de la roca. Típicamente, en una masa plutónica, se pueden distinguir familias o grupos de diaclasas de trayectoria rectilínea y de trayectoria curvada.

**Las diaclasas de trayectoria rectilínea** siguen disposiciones paralelas y que pueden ser verticales, horizontales e inclinadas. La roca queda dividida según un entramado ortogonal de fracturas. La acción de la meteorización y erosión posterior de la roca da lugar a formas de relieve acastilladas o *castle koppies* (copias de castillos) y en torres. Este es el tipo de formas

mayores que predominan en la Pedriza Posterior, pero están presentes en otras partes del macizo (figura 15).

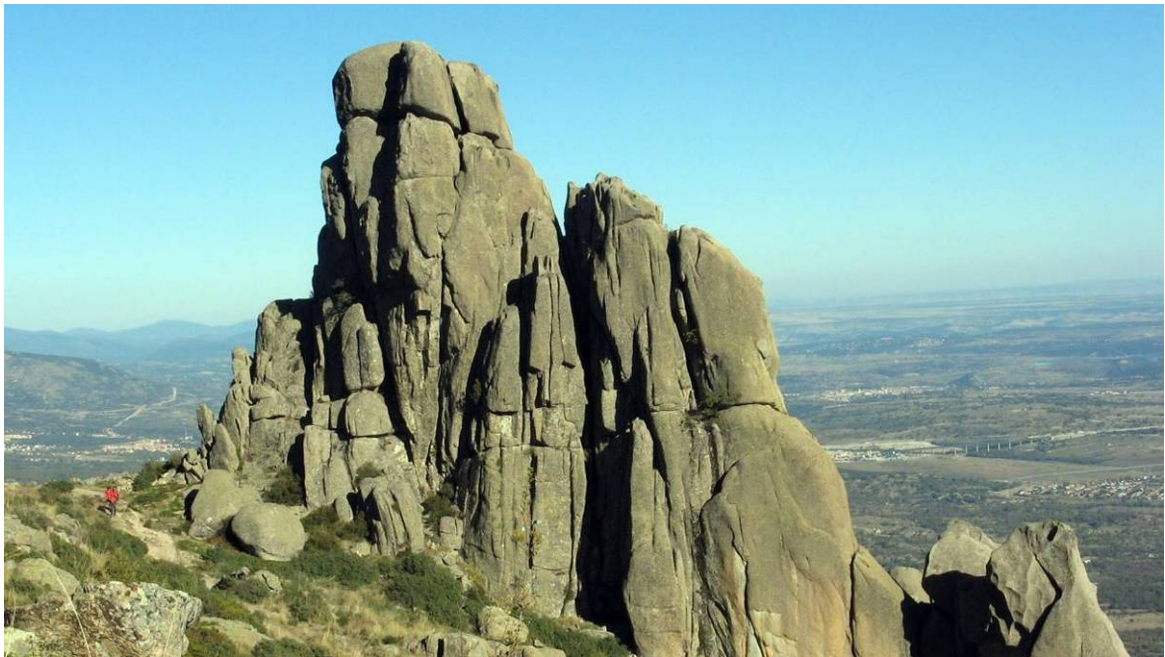


Figura 15: El risco del Acebo, aunque está en La Pedriza anterior y muy cerca del Yelmo, es un buen ejemplo de relieve en forma de castillo. Su forma está controlada por las diaclasas verticales (predominantes) y horizontales que han fracturado la roca.

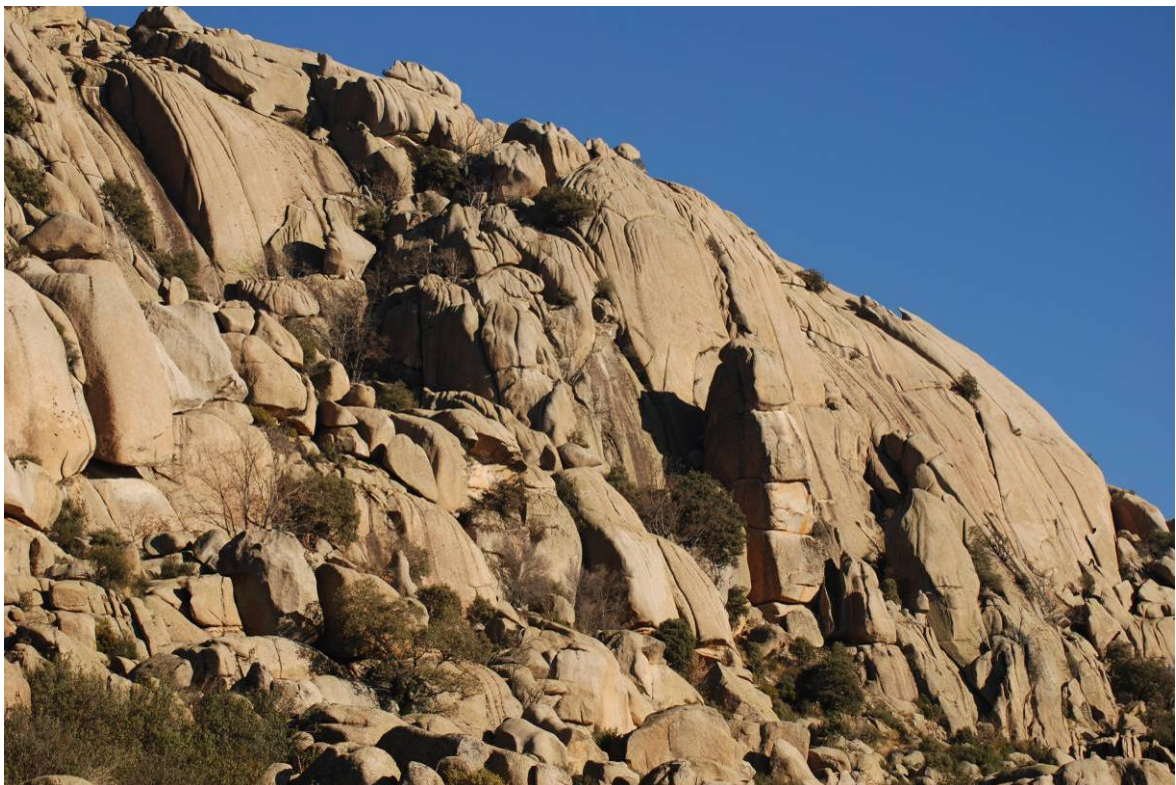


Figura 16: Cuando las diaclasas predominantes son curvilíneas, se forman estos lanchares, muy típicos de La Pedriza.

**Las diaclasas de trayectoria curvilínea** siguen planos más o menos paralelos a la superficie del afloramiento. Por ello, separa la roca en grandes losas curvadas llamadas **lajas o lanchas**, y da como resultado relieves que presentan una geometría en bóveda o domo (figuras 1, 14, 16 y 17). El Yelmo, en La Pedriza anterior, es posiblemente el mejor ejemplo de este tipo de

relieve de toda España. A las laderas lisas de roca y más o menos curvadas que resultan del lajamiento se les llama **llambría**. El origen del diaclasado curvo es muy debatido: mientras que algunos opinan que se debe a un carácter adquirido durante el proceso de consolidación del magma, otros investigadores creen que se debe a fenómenos de descompresión o descarga, o lo achacan a tensiones de origen tectónico.

Desde el collado de Quebrantaherraduras, la pista asfaltada desciende en dirección a la confluencia del río Manzanares y del arroyo de las Majadillas. En este lugar, llamado Canto Cochino, existe un aparcamiento y un par de merenderos, y es punto de encuentro obligado de los escaladores y montañeros madrileños. Aquí comienza nuestro recorrido a pie. Al final del aparcamiento, tomaremos un camino a la izquierda y que cruza por un puente el río Manzanares. Nuestro camino enfila hacia el NNE, siguiendo el trazado del arroyo de las Majadillas, y está marcado con señales de pintura roja y blanca porque forma parte del Camino de Gran Recorrido GR-10 (y E-7 europeo). El GR-10, del que solamente vamos a recorrer una mínima parte, mide 1.600 km de longitud y comunica la localidad valenciana de Puzol con Lisboa, uniendo el Mar Mediterráneo y el Océano Atlántico.

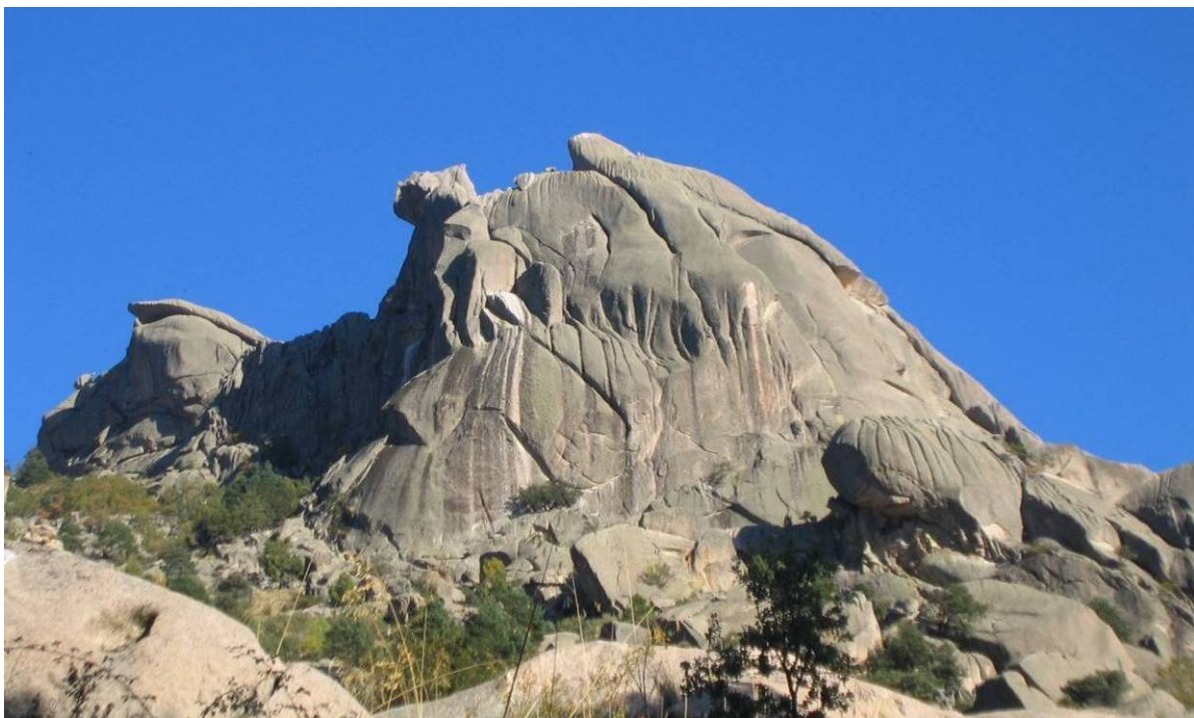
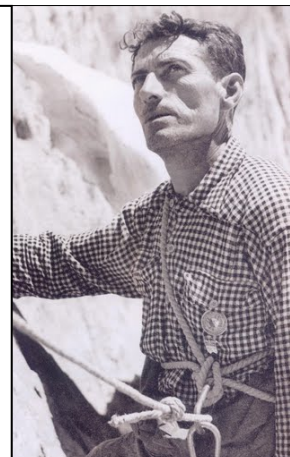


Figura 17: El Pájaro es un ejemplo de relieve en forma de semidomo de vertientes muy verticales. Observa las acanaladuras que surcan la roca de la derecha y el propio risco del Pájaro, así como la oquedad de la roca de abajo a la izquierda.

La Pedriza es la zona de escalada más importante de la Comunidad de Madrid, pues cuenta en la actualidad con casi 2.000 itinerarios. Dada la dificultad de las llambrías, los pioneros preferían escalar siguiendo las diaclasas. Entre ellos, es obligado destacar al famoso Teógenes Díaz Gavín (1907-1990), que en compañía de Juan Bautista Mato y Ángel Tresaco escaló por primera vez la celebre cara sur del risco del Pájaro en 1935.



Los escaladores actuales, con el uso generalizado de los zapatos de escalada tipo "pies de gato" y los seguros modernos como los "parabolts" prefieren realizar sus escaladas por las llambrías, mediante la técnica conocida como escalada de adherencia.



### Parada 3: Desprendimientos de Peña Sirio

La evolución del paisaje: berrocales, piedras caballeras y pedrizas

Desde la parada anterior seguimos caminando por la “autopista” de La Pedriza. A unos diez minutos, cruzaremos una zona amplia de pinar. Nos acercaremos al río para observar la ladera de enfrente, donde se puede observar un desprendimiento rocoso y muchas formas del relieve típicas de La Pedriza.

Ya se ha explicado en la parada anterior que gran parte de las formas del relieve de La Pedriza vendrán condicionadas por las **diaclasas** (planos de debilidad que presenta la roca): las verticales darán crestones, las curvas generarán domos o lanchares, y cuando se presenten ambas sin predominio aparente de ninguna, obtendremos berrocales. Generalmente diversos tipos de diaclasado estarán presentes, pero con un claro predominio de uno. Dependiendo de su densidad, influirán decisivamente en el grado de alteración de la zona.

Pero también influye de manera muy notable la **litología**, es decir, el tipo de rocas. Ésta influye a dos niveles diferentes: la **composición mineralógica y la disposición de los cristales**. Los minerales que componen los granitos tienen diferente resistencia a la alteración, de manera que el cuarzo es el más resistente y la biotita el menos. Así que los domos, crestones y berrocales suelen formarse en aquellos lugares donde la biotita es escasa o incluso no aparece en el granito. Por otro lado, y como se verá en la siguiente parada, la resistencia a la erosión también vendrá condicionada por la textura de la roca (más o menos apretada, homogénea, etc.) y por la forma y tamaño de los cristales. En definitiva, la resistencia la controlan el cuarzo, las texturas homogéneas y apretadas, los cristales de igual tamaño y la ausencia de biotita. En función de estos aspectos, de la fracturación y diaclasado y del clima, el relieve en La Pedriza **mostrará diferentes aspectos** (figura 18).






	Alteración generalizada	Lanchas y bloques dispersos	Berrocal	Domos	Crestas
<b>Diaclasado dominante</b>	No reconocible	Horizontal	Ortogonal	Curvo, dando lanchas	Vertical, dando paredes
<b>Fracturación</b>	Muy densa	Discontinua	Sólo en los bordes	Sólo en los bordes	Sólo en los bordes
<b>Mineralogía propensa</b>	Con biotita y grano grueso	Con biotita y grano grueso	Todos	Poca biotita y grano medio	Grano fino, con abundante cuarzo y con diques
<b>Textura propensa</b>	Granuda	Granuda	Apretada	Apretada	Apretada
<b>Grado de meteorización</b>	Total	Alta, discontinua	Baja y discontinua	Muy baja	Muy baja
<b>Imagen</b>					

Figura 18. Tipos de formas del relieve en La Pedriza en función de sus características litológicas y estructurales.

Así que los macizos graníticos como La Pedriza son, en realidad, una **asociación de morfologías** derivadas del diferente grado de alteración y fracturación que muestran las rocas. Esta alteración no se produjo en un único episodio, sino que las acciones se prolongaron a lo largo de extensos periodos de tiempo, con interrupciones intercaladas. Incluso la alteración no ha tenido que producirse necesariamente en las mismas condiciones que vemos ahora, sino que tuvo lugar en circunstancias diferentes y cambiantes. El resultado es un relieve “rugoso”, heterogéneo, que a veces es el reflejo de situaciones ambientales y climáticas del pasado.

Desde este lugar se aprecia el relieve en los alrededores de un risco llamado Peña Sirio (figura 19). Así lo bautizaron los escaladores que frecuentaban esta zona en las primeras décadas del siglo XX, ya que desde donde ellos tenían instalado su campamento veían aparecer la estrella Sirio por detrás de él.



Figura 19. Vista desde el lugar de la parada 3. El risco que destaca en la ladera del centro de la imagen es Peña Sirio.

Al pie de Peña Sirio tuvo lugar un **deslizamiento** el 16 de abril de 1995. En los alrededores de Peña Sirio predominan las fracturas y diaclasas curvas delimitadas por planos verticales. El estruendo producido por el movimiento de los bloques de granito se oyó incluso en el refugio Giner. Fue un movimiento repentino, súbito, que se puede reconstruir analizando la posición de los bloques y su alteración superficial.

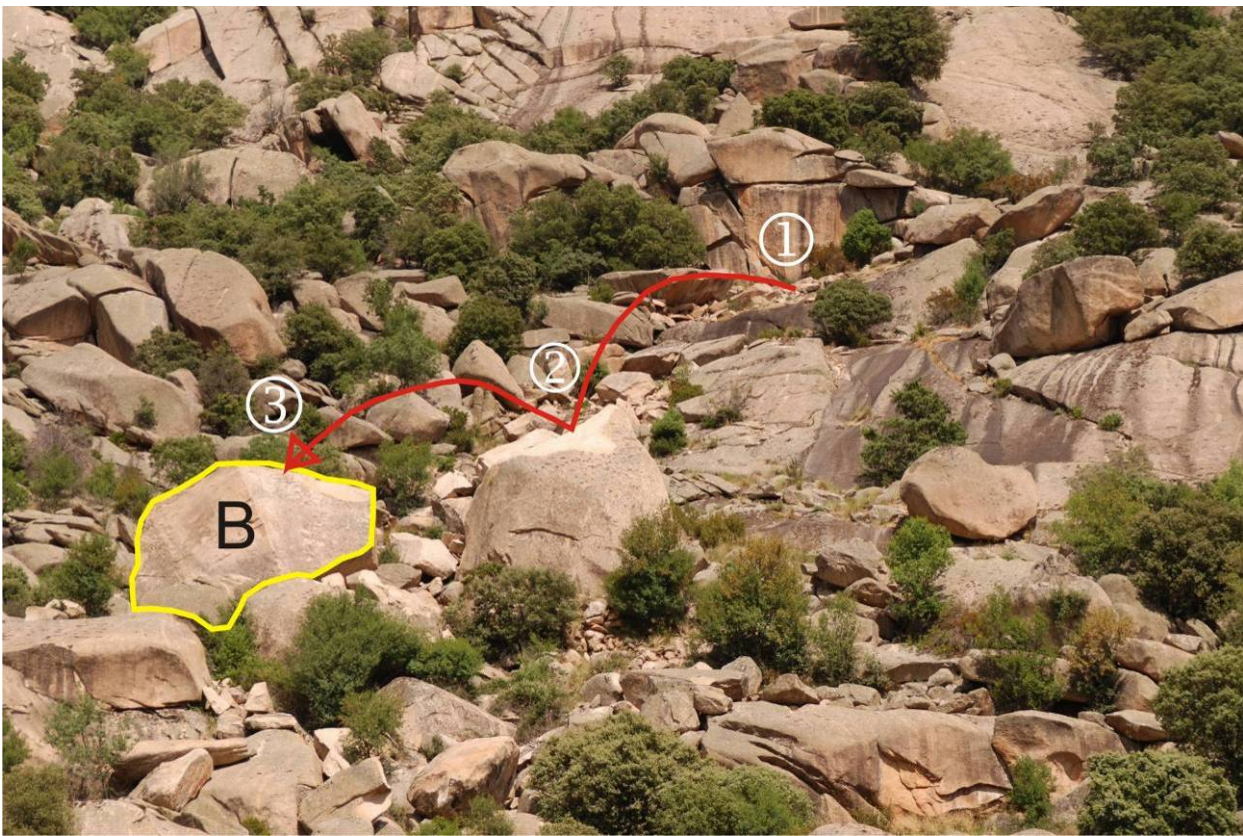


Figura 20. Deslizamiento de Peña Sirio y bloques graníticos implicados. El bloque B se situaba originalmente en la posición 1. Desde ahí deslizó golpeándose con 2 (y dejando un “desconchón” en la roca), volteándose y cayendo finalmente en la posición que vemos hoy en día (3).

El bloque que deslizó y chocó en su recorrido con otros muestra evidencias de impacto en todas sus aristas. Tiene un tamaño aproximado de  $100 \text{ m}^3$ , y en su camino rompió otros bloques y a otros los arrastró hacia abajo. A día de hoy los líquenes y la oxidación del granito

van disimulando las evidencias del impacto, si bien en su día se distinguían muy bien por el color muy claro del granito “fresco”.

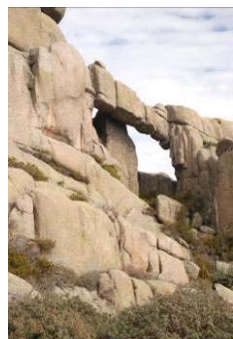
¿A qué se debió el deslizamiento? No hubo un desencadenante único, sino que fue una combinación de factores. El primero de ellos, evidentemente, fue el efecto de la gravedad. El bloque se situaba sobre una pendiente curva inclinada hacia el valle. El agua, ligeros movimientos del terreno e incluso la vegetación fueron desestabilizando el bloque durante años. Al parecer, un largo periodo sin lluvias y la consiguiente desecación del suelo pudieron ser culpables de la caída final del bloque. Como se puede apreciar, la ladera está formada por bloques de tamaños similares y con posiciones parecidas, así que se supone que este proceso se ha repetido numerosas veces en el pasado, configurando la ladera tal y como la vemos hoy en día. Estos cúmulos de rocas desplazadas son denominadas precisamente **Pedrizas**.

### Algunas formas curiosas

La combinación de los factores litológicos, estructurales y climáticos ha dado lugar en La Pedriza a una enorme diversidad de formas graníticas. Algunas de ellas adquieren formas realmente curiosas, por lo que han sido bautizadas como al objeto o ser vivo al que se parecen. Estos son algunos ejemplos:



Cinco Cestos



Arco



Bola de los Navajuelos



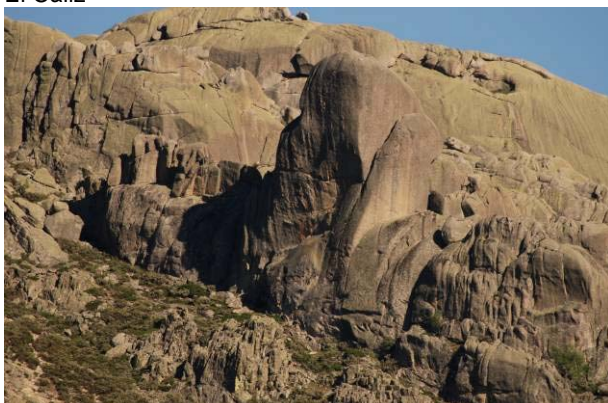
El Pájaro



El Cáliz



El Elefantito



La Maza



El Camello

## Parada 4: Algunas rocas singulares

La alteración de las rocas graníticas y las formas menores

Seguiremos por el mismo camino, y a unos 10 o 15 minutos andando encontraremos a nuestra mano derecha una roca cuya base, en la parte que mira hacia el río, aparece en voladizo y que nos recuerda a un champiñón. Esta forma en voladizo, las acanaladuras observados en la Peña Sirio y otras parecidas indican que la roca ha sufrido una erosión ¿Cómo una roca tan dura como el granito puede ser erosionada de ese modo? Esta misma pregunta debió de hacerse Casiano de Prado cuando visito por primera vez La Pedriza hace más de siglo y medio; por ello, en su trabajo *Descripción Física y Geológica de la provincia de Madrid* hace una descripción minuciosa de estas formas erosivas tan peculiares, con la única salvedad que no utiliza la misma nomenclatura que hoy en día usan los científicos. Entre ellas, podemos destacar las siguientes:

- Los **pilancones** (*gnamma, rock basin*) son depresiones de profundidad centi o decimétrica, de forma circular o elíptica, y que se forman sobre una superficie más o menos horizontal, siendo sus ejes decimétricos a métricos. Su morfología recuerda a las marmitas de gigante (*pot hole*) de los lechos de los ríos en roca, pero no existe una corriente turbulenta de agua que los origine. En La Pedriza, destacan los situados en la cumbre del Yelmo.
- Las **acanaladuras**, como las que hemos visto en la Peña Sirio o las de la figura 17, son surcos que aparecen en laderas o vertientes inclinadas, que no llegan a ser completamente verticales. Los surcos, recorren la roca según la dirección de máxima pendiente y concentran el agua que escurre por las paredes. Algunas veces conectan en cabecera con los pilancones, y suelen ser de anchura y profundidad decimétricas.
- **Taffoni** es una palabra corsa que significa cavidad, y se usa para describir oquedades en las paredes inclinadas o verticales de dimensiones y formas variables (figura 21). Cuando son de pequeño tamaño se llaman **alvéolos** o nidos (los del risco 5º Buitrera son muy espectaculares). Si los alvéolos se distribuyen de forma más o menos geométrica por toda la pared, a los relieves residuales que los separan se les llama **resaltes en panal**. Los taffoni que forman una concavidad basal de una pared se les llama **balmas** (*flared slopes*) o voladizos. Cuando la balma se desarrolla en forma de cinturón alrededor de un bloque rocoso más o menos aislado el resultado es un **tormo, tolmo, pedestal o roca fungiforme** (*pedestals, mushroom rocks*).

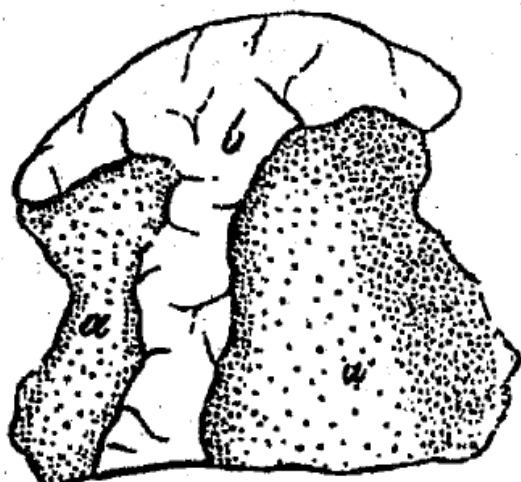


Figura 21: Casiano de Prado representó en 1864 una roca granítica fungiforme (b) similar a la que hemos encontrado aquí. Casiano la vio cerca de Cenicientos, e indica en su dibujo que la roca está a medio camino de ser desenterrada por la erosión (a es el granito arenizado).

Todas estas formas recuerdan en muchos aspectos a aquellas que presentan las rocas solubles (calizas, dolomías, yesos, sales) y que se denominan lapiaz o *karren*; por lo que en los granitos se les denomina **pseudolapiaz** (*pseudokarren*).

Para que el material granítico sea erosionado de ese modo, es necesario un proceso de preparación previa del material que recibe el nombre de **meteorización**, ya que son los meteoros (cambios de temperatura, agua, hielo, viento) los encargados de realizarla. La meteorización puede tener efectos físicos o químicos sobre la roca.

La meteorización física consiste en la ruptura mecánica de las rocas a causa de esfuerzos externos e internos causados por los meteoros,

y su resultado es la disgregación y fragmentación de la roca, pero sin modificación de su naturaleza química o mineralógica. La meteorización química da lugar a cambios mineralógicos y de composición; normalmente se produce un lavado de los iones llamados bases tales como el sodio, calcio, potasio, etc. por ello, suele ser mucho más intensa en las rocas básicas que en las ácidas, ya que las primeras tienen más bases, y también es más intensa en climas cálidos y húmedos.

Las rocas graníticas sufren un proceso peculiar de meteorización llamado **arenización**, ya que el material resultante de dicho proceso tiene un aspecto similar a una arena compacta y se le llama lehm o grus. Esta alteración del granito penetra hacia abajo más fácilmente a favor de las fracturas que presenta el macizo rocoso, pues la acción meteórica dispone así de mucha más superficie en la que intervenir. En la meteorización del granito intervienen también otras superficies de discontinuidad aún menores que las diaclasas, son las **fisuras**, pequeñas grietas que no llegan a conectar unas con otras. Las direcciones de estas fisuras son bien conocidas por los canteros del granito, que las llaman *pelo*. La meteorización acentúa las fisuras, produciendo la **descamación** de las rocas. Aunque en el clima de La Pedriza los cambios químicos que experimenta el granito al arenizarse no son muy intensos, la alteración de la roca penetra a veces profundamente.

Tal y como ya intuyó Casiano de Prado (figura 21), los investigadores posteriores han demostrado que las formas del pseudolapiaz se originan cuando la roca está cubierta por el *grus* o *lehm* y que posteriormente, cuando este es erosionado, evolucionan en condiciones aéreas. La cubierta del *lehm* permite una mayor permanencia del agua en contacto con la superficie de la roca, lo que facilita el desarrollo de la meteorización, cuando el *lehm* es erosionado, deja al descubierto un paisaje rugoso que corresponde a las actuaciones de la meteorización (figura 22), por ello se suele denominar **superficie grabada** (por similitud a lo que hace un grabador al trabajar una plancha metálica con ácido).

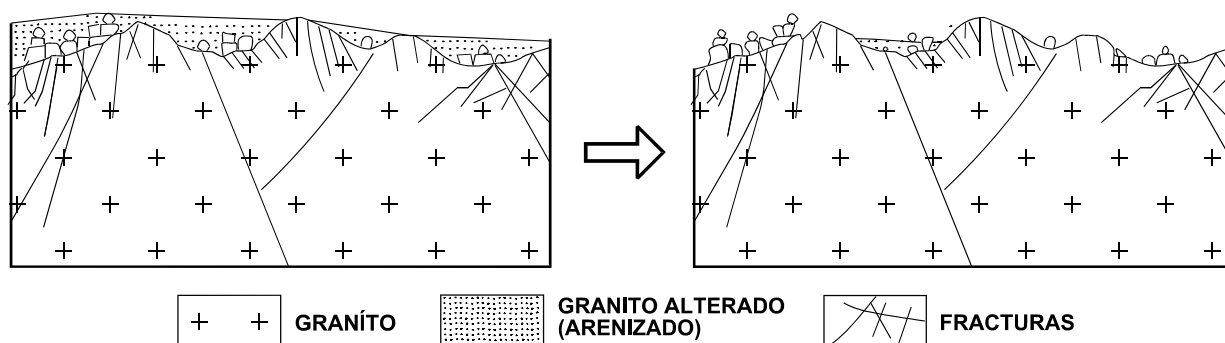


Figura 22: La erosión del granito arenizado deja al descubierto formas de meteorización que en realidad se han generado bajo la superficie del terreno.

Otras formas singulares del granito son los **aros de piedra endurecidos** (*rock doughnuts*), un relieve en forma de anillo o rosca endurecida rodeando un pilancón, y los **agrietamientos pseudopoligonales** (*polygonal cracking*), que son paredes inclinadas o casi verticales endurecidas en las que aparecen grietas formando un enrejado (figura 23). Por ensanchamiento de las grietas pseudopoligonales, las zonas en relieve quedan separadas unas de otras, dando lugar a lo que los escaladores llaman **setas u orejones**, que son agarres muy apreciadas por ellos. Los endurecimientos superficiales se producen porque los iones arrastrados por el agua durante el proceso de

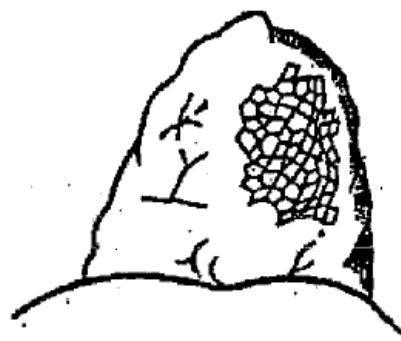


Figura 23: En este otro dibujo, Casiano de Prado (1864) representó unos agrietamientos pseudopoligonales que observó en La Pedriza.

meteorización de la roca se depositan cerca de su superficie, endureciendo la roca externamente como si se tratase de una coraza.

La parte superior de nuestro pequeño champiñón de roca apenas muestra señales de alteración. Por ello, debemos suponer que adquirió su forma cuando el granito ya arenizado lo rodeaba hasta casi alcanzar su parte superior y que, en una fase posterior, el encajamiento del arroyo de las Majadillas ha erosionado el lehm o grus, dejando la roca al descubierto.

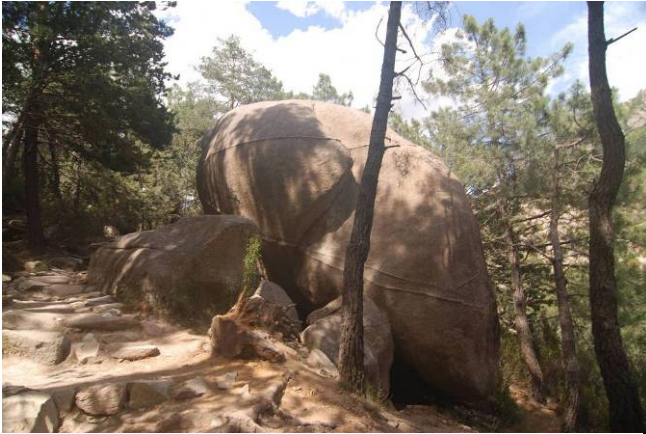


Figura 24: Roca situada a la derecha de nuestro camino que muestra nerviaciones.

A pocos metros siguiendo nuestro camino podemos ver otra roca de aspecto singular (figura 24). En ella podemos observar una serie de **nerviaciones** en resalte. Si nos acercamos a ella y observamos detenidamente (una lupa puede resultar de ayuda), podremos ver que la textura o grano de la roca en las vetas es algo diferente. Se trata de una roca de color claro y grano fino, que posiblemente se puede clasificar como un microgranito. Esta roca forma filoncillos y vetas discontinuas de dirección variable, pero que siguen una tendencia similar, intruyendo al granito que forma este bolo. El hecho de que estén en relieve,

demuestra que, debido a su grano más fino, a los procesos de meteorización les ha resultado más difícil disgregar la roca.



A pesar de ser larga y vertical, la Pared de Santillana (Cancho de la Herrada, en La Pedriza media), es bastante fácil de subir. En esta pared, los procesos de meteorización y endurecimiento superficial han dado lugar a agrietamientos pseudopoligonales y orejones que hacen que su escalada resulte fácil y divertida incluso para los escaladores novatos. Desde abajo, la superficie de la roca muestra un aspecto similar al de la piel de un elefante.

## Parada 5: Llano Peluca y el refugio Giner

El agua en La Pedriza

Continuamos andando por el camino principal. El camino traza algunas curvas para ir salvando el desnivel y, aunque hay algunos atajos para evitar las lazadas, conviene no salirse del camino para evitar problemas de erosión. Aproximadamente a quince minutos de la parada 4 se llega a una bifurcación. El camino de la izquierda se dirige a La Pedriza posterior. El de la derecha, que es el que nosotros seguiremos, cruza el río por un puente y llega a un llano que hay bajo el refugio Giner. A esta explanada se la conoce con el nombre de Llano Peluca.

Lo primero que llama la atención desde este lugar es el paisaje de las formas graníticas, que nos rodean por todos los lados. El Llano Peluca se sitúa justo en la confluencia de dos grandes fallas que compartimentan el relieve de La Pedriza: la falla del Collado de la Dehesilla y la falla del arroyo de las Majadillas. El resultado de esta confluencia es una zona llana arenosa, procedente de la alteración de los granitos (figura 25). Así que este lugar da paso a La Pedriza posterior.

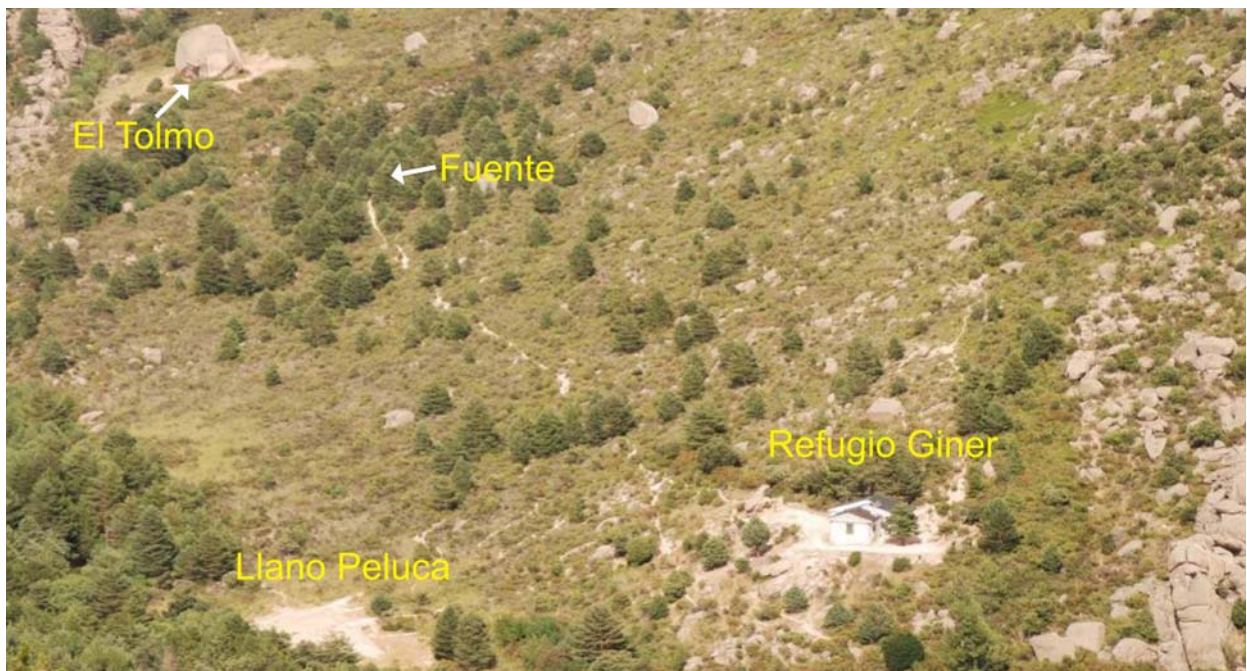


Figura 25. Vista del refugio Giner (derecha), de la explanada situada bajo él (izquierda, primer plano) y del Canto de El Tolmo (izquierda al fondo), que se visitará en la siguiente parada. En la zona con arbolado es donde se ubica la fuente de la figura 27.

En este lugar vamos a hablar del **agua en La Pedriza**. El agua juega y ha jugado un papel fundamental en el paisaje que vemos, ya que ha sido un elemento esencial en el modelado del relieve pedricero, como se verá en la siguiente parada. Pero aquí nos fijaremos en el agua como recurso escaso en La Pedriza.

El granito puede considerarse una roca **impermeable**. Esto quiere decir que esta roca, si no está alterada, no permite el paso de agua a través de ella ni puede acumular agua entre sus poros como ocurre con las arenas. Pero no todas las rocas graníticas de La Pedriza se conservan en buen estado, sino que algunas de ellas muestran una intensa alteración. Así, las rocas graníticas de La Pedriza están compartimentadas por numerosas fracturas y diaclasas por las que el agua penetra y se desplaza. En función de la densidad de estos planos, de su abertura, dimensiones y orientación el macizo granítico **puede llegar a almacenar** y distribuir un caudal importante de agua. Esto es especialmente patente en La Pedriza, cuyas rocas rápidamente se secan tras las lluvias, excepto en algunos lugares que mantienen la humedad

o flujo de agua durante días después de las precipitaciones, algo que bien saben los escaladores.

Si el granito está muy alterado, su capacidad para almacenar agua es mucho mayor, y permiten fácilmente la circulación de agua. Es fácil imaginar que el agua se pueda acumular en los lugares donde el granito esté tan alterado que de lugar a acumulaciones de arena. Así que la disponibilidad de agua en el sustrato granítico depende (además de las precipitaciones, como es obvio) del grado de alteración que muestren las rocas.



Figura 26. Zona arenizada, donde se conservan algunos bolos de granito rodeados de arenas procedentes de la alteración. En estos lugares puede acumularse agua y dar lugar a surgencias y fuentes.



Figura 27. Una de las fuentes situadas cerca del refugio, en el camino a El Tolmo. Este pequeño caño suele llevar agua todo el año y es raro que se seque.

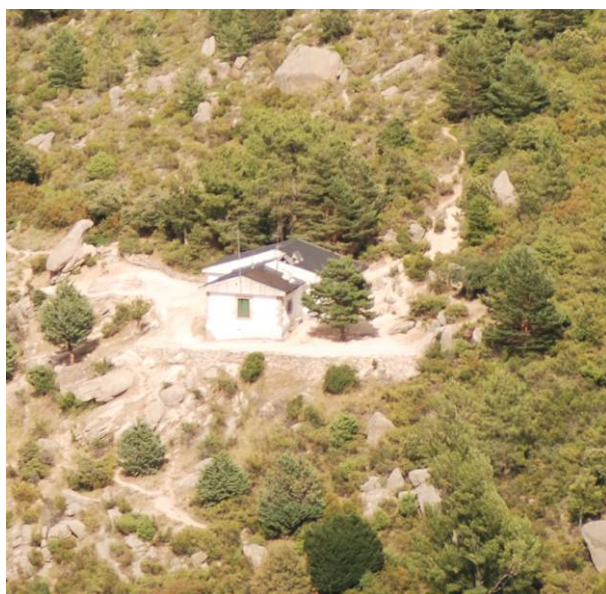
Así, las fuentes y surgencias de La Pedriza en las que el agua procede de circulación de diaclasas y fracturas se secarán poco tiempo después de las precipitaciones. Sin embargo, las debidas a la acumulación de agua en un manto arenoso, al ser más lenta la circulación de agua (que se hace aprovechando el espacio contenido entre los granos de arena) llevarán agua todo el año (o casi). Un ejemplo de esto último es una fuente que se sitúa a poca distancia del refugio en dirección al Tolmo, justo en medio del camino. Pasaremos junto a ella de camino a la siguiente parada.

### El Refugio Giner

En pleno corazón de La Pedriza se encuentra el Refugio Giner de los Ríos, donde se puede pernoctar y comer durante los fines de semana y festivos. Lugar de reunión de montañeros y escaladores madrileños,

La construcción del Refugio se inició en el año 1914. Desde el primer momento recibió el nombre que lleva hoy en día, en honor al ilustre fundador de la Institución Libre de Enseñanza (ver parada siguiente). Sin embargo, en la posguerra se cambió su nombre por el de José Prado, aunque finalmente recuperó su nombre original. La construcción del refugio se financió con aportaciones otorgadas en suscripción popular que comenzó el Rey Alfonso XIII, y fue inaugurado el 15 de mayo de 1916.

El refugio es propiedad de la Real Sociedad Española de Alpinismo Peñalara y está ubicado a una altitud de 1.200 metros.



## Parada 6: El Canto del Tolmo

Una roca monumental

Una vez cruzado el arroyo, subiremos en dirección al refugio Giner. Bajo el citado refugio hay una pequeña fuente, en verano suele estar seca, dedicada a la memoria del alpinista Pedro Acuña. Observa la arenización de las rocas que están junto al refugio. Tomaremos el sendero de la izquierda, que sigue en paralelo al arroyo de la Dehesilla. Poco más adelante, encontraremos la fuente mencionada en la parada anterior. Tras caminar unos 10 o 15 minutos, nos toparemos con el inconfundible canto del Tolmo.

El Tolmo es la roca individual más famosa y grande de La Pedriza (figura 28). Casiano de Prado menciona y dibuja un melojo o rebollo (*Quercus pyrenaica*) que crecía en una grieta de la roca y cuyo tronco aún subsistía hasta hace pocas décadas. Casiano da la siguientes dimensiones para el Tolmo: 16-18 m de altura, 73 m de circunferencia y 176 metros cúbicos de volumen ¡Lo que representa un peso aproximado de 500 toneladas! Casiano dice que era posible introducir un bastón bajo la roca, lo que le permitió suponer que su origen fue algún desprendimiento que la hizo caer desde lo alto de la ladera. ¿Cuál es tú opinión? ¿Crees que, con ese peso, pudo caer hasta allí sin fragmentarse y sin dejar rastros evidentes de semejante caída por la ladera? Obsérvala detenidamente ¿Puedes dar otra explicación para su origen?

Hacia el sur se localiza un gran risco conocido como La Maza, y de él bajan laderas ampliamente cubiertas por la gayuba o uva de oso (*Arctostaphilos uva ursis*). Hacia el norte, el risco del Pájaro nos ofrece su perfil más característico. El camino sigue en dirección al collado de la Dehesilla, al que podremos llegar fácilmente caminando otra media hora más, y así observar al norte del camino, al otro lado del arroyo de la Dehesilla, el Hueso, otro de los riscos más singulares de la zona y que está formado por una gran laja separada de la pared en forma de fémur.

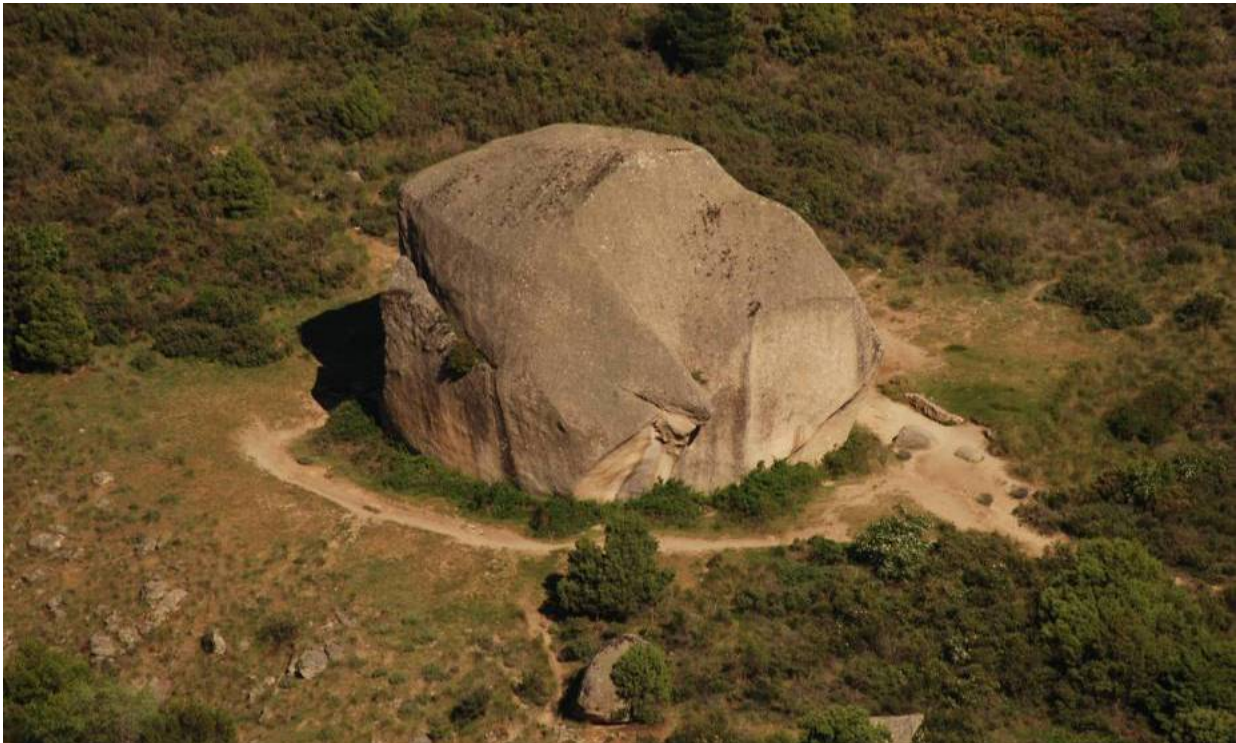


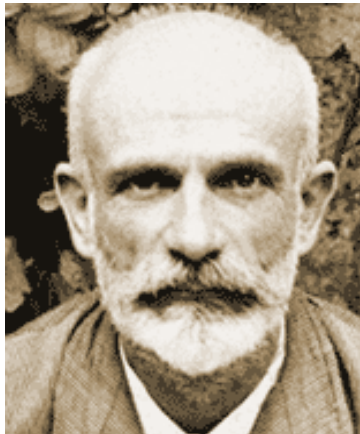
Figura 28: El Canto el Tolmo visto desde el aire.

En tu observación del Tolmo, seguramente habrás visto en su base la huella de que allí alguna vez estuvo anclada una placa. El siguiente texto, sacado del diario de la sesión de 2 de junio

de 1915 de la Real Sociedad de Historia Natural, y la noticia del periódico ABC de la figura 29 nos aclaran de que se trataba:

*Comunicaciones.— El Sr. Bernaldo de Quirós participa que por circunstancias accidentales no pudo celebrarse, en la fecha que se había pensado, la ceremonia de colocar en un punto de la Sierra de Guadarrama la lápida conmemorativa de D. Francisco Giner de los Ríos, que le dedican algunos de sus discípulos y fervientes admiradores. Añade que el acto se verificará el domingo 6 de Junio, en el lugar designado con el nombre de Canto del Tolmo, en la Pedriza del Manzanares, é invita á los señores socios á que concurran á la ceremonia. Agrega que han elegido este sitio porque es uno de los que más frecuentan en sus excursiones, aun cuando no era de los que visitaba el Sr. Giner.*

Por todo ello, el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) de la Sierra de Guadarrama (documento sometido a información pública por la Comunidad de Madrid, octubre de 2008) califica el Canto del Tolmo y el Refugio Giner como ámbitos con valoración cultural muy alta.



#### NOTICIAS DIVERSAS

Como el insigne D. Francisco Giner de los Ríos fué uno de los más eficaces propagandistas que ha tenido la sierra del Guadarrama, la Sociedad alpinista Peñalara ha querido perpetuar en aquellas alturas el nombre del esclarecido maestro, y á este fin ha colocado una lápida en el soberbio Canto del Tolmo, el mayor de los desprendidos de todas las cordilleras españolas.

La ceremonia se verificó el domingo, y á ella asistieron muchas y distinguidas personalidades, las que antes de regresar de Villalba visitaron las obras de refugio que está construyendo la citada Sociedad en la Pedrina del Manzanares.

Figura 29: Retrato de Francisco Giner de los Ríos y nota de prensa del diario ABC, del 8 de junio de 1915, dando noticia de la colocación de la placa conmemorativa en el Tolmo.

Recientemente, un conocido escalador de la zona, propuso la idea de reequipar las vías de escalada de este bloque de granito y restaurarlo,

lo que se discutió mediante un foro de participación popular. La Federación Madrileña de Montaña consiguió el beneplácito del Parque Regional para realizar la restauración. Los primeros trabajos se realizaron el año 2008: retirada de buriles viejos (anclajes metálicos que los escaladores usaban y que no son seguros) y restauración de casi 100 agujeros que multitud de vías inacabadas habían dejado como cicatrices en la roca. El proyecto, que incluía la limpieza de los *grafittis*, no parece haber seguido adelante.

¿Qué otras medidas crees que deberían emprenderse para recuperar este magnífico entorno?

Durante el siglo XVIII y XIX, los bandoleros campearon a sus anchas por la Sierra de Guadarrama, algunos de ellos como Manuel Rodríguez "El Rey de los hombres", su compañero "Cabeza Gorda", "La Tuerta", "Chorra al Aire" o Pablo Santos son aun recordados por sus múltiples fechorías. Entre todos ellos, el que logro mayor fama fue Francisco Villena, "Paco el Sastre", compañero de fuga de la cárcel madrileña del Saladero del aún más celebre Luis Candelas.

En 1839, Paco el Sastre secuestró a los hijos del Marques de Gavia, que ocupaba el cargo de intendente del palacio real. El Sastre se hizo pasar por el cochero habitual que recogía a los niños los viernes a la tarde en la puerta del colegio, en la calle de Hortaleza. Conduciéndoles posteriormente a La Pedriza, donde los escondió. Por medio de un pastor de la zona, Paco mandó mensaje al Marqués pidiendo un rescate de 3.000 onzas de oro.

Un lugareño, condujo a los soldados hasta el Tolmo, lugar donde la banda de el Sastre tenía su guarida. Paco el Sastre y sus secuaces huyeron sin lastimar a los niños, que finalmente fueron liberados sanos y salvos. Al año siguiente, Paco el Sastre, tras ser detenido en el rastro madrileño, fue condenado a muerte y ejecutado.



## BIBLIOGRAFÍA

### Sobre geología y geomorfología de La Pedriza y de la zona centro de España

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

Centeno, J.D. y García Rodríguez, M. (2005). **El papel de los procesos gravitacionales en los relieves graníticos: el derrumbe de Peña Sirio (Pedriza de Manzanares, Madrid)**. Universidad Alfonso X El Sabio. Escuela Politécnica Superior. Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Volumen III, 18 p.

Díaz-Martínez, E., Rodríguez Aranda, J.P. (2008). **Itinerarios geológicos en la Comunidad de Madrid**. IGME, Madrid. 192 pp.

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 pp.

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

García, M., Centeno, J.D. y de Pablo, M.A. (2008). **Relieve y agua regiones graníticas: un modelo cuantitativo con aplicaciones en la gestión del agua y la geodiversidad**. M+A. Revistas Electrónicas de Medio Ambiente. Universidad Complutense de Madrid.

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

Menduiña, J., 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 pp.

Pedraza, J. de, 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.

Pedraza, J. de, Centeno, J., González, S. 1986. **Mapa fisiográfico de Madrid, escala 1:200.000**. Consejería de Agricultura y Ganadería, Comunidad de Madrid. 42 pp.

Pedraza, J., Sanz, M. A., Martín, A. (1989). **Formas graníticas de La Pedriza**. Agencia de Medio Ambiente, Comunidad de Madrid. Cuadernos madrileños del Medio Ambiente. 205 pp.

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

Sanz Herranz, C. (1986). La Pedriza de Manzanares. En: (Martínez de Pisón, E. y Tello, B.) **Atlas de geomorfología**. Alianza Editorial, pp. 301-316.

Sanz Herranz, C. (1988). **El relieve del Guadarrama oriental**. Comunidad de Madrid, Consejería de Política Territorial. 547 pp.

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

Vidal Romaní, J.R. (1998). Las aportaciones de Casiano de Prado a la geomorfología granítica. **Geogaceta**: 23, 157-159.

### Sobre geología y geomorfología general y de España

Anguita, F. (2002). **Biografía de la Tierra**. Ed. Aguilar, Madrid, 200 pp.

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

Martín Serrano, A. (Ed.) **Mapa Geomorfológico de España y del Margen Continental a escala 1:1.000.000**. IGME, Madrid.

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

## Apéndice I: ¿Como se clasifican las rocas ígneas y los granitos?

Los granitos forman parte del grupo de rocas llamadas ígneas (en latín "ignis" significa fuego) o magmáticas, que son rocas formadas por la solidificación de un cuerpo subterráneo de rocas total o parcialmente fundida, a la que se llama magma. El magma contiene además cantidades variables de material cristalino y de gases en solución y al cristalizar es capaz de producir una mezcla de silicatos y óxidos, más una pequeña proporción de volátiles (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, Cl, etc.). Los componentes principales de estas rocas ígneas incluyen Si, Al, Fe<sup>+2</sup>, Fe<sup>+3</sup>, Mg, Ca, Na, K y O.

Los geólogos clasifican las rocas ígneas según un doble criterio: **la textura** (tamaño, forma y relaciones entre los granos minerales) y la **composición mineralógica** de las rocas. Esto es así porque la textura depende de la velocidad de enfriamiento del magma y, a su vez, informa sobre las condiciones ambientales en las que se produjo dicho enfriamiento; mientras que la mineralogía guarda una relación muy estrecha con la composición química del magma original y, por lo tanto, con su procedencia.

Las rocas ígneas volcánicas o extrusivas se han formado mediante la solidificación del magma en condiciones atmosféricas o submarinas, al emerger el magma a través de los volcanes. El enfriamiento y solidificación del magma es muy rápido, por ello, las rocas presentan una textura que se denomina vítrea, cuando no se produce apenas cristalización, o afanítica o microcristalina, cuando los cristales minerales son menores de 0,05 mm y solamente son visibles al microscopio. Además, la rápida expansión de los gases volátiles contenidos en el magma produce una estructura denominada vesicular, típica de las pumitas o piedra pómez. Estas rocas forman las coladas de lava y acumulaciones de piroclastos (fragmento sólido de material volcánico arrojado al aire durante una erupción) típicas de los volcanes.

Por el contrario, a las rocas ígneas que se solidificaron a bastante profundidad en la corteza o en el manto terrestre se las denomina plutónicas o intrusivas. En este caso, el enfriamiento es lento y el magma forma cristales de minerales puros reconocibles a simple vista o con ayuda de una lupa, siendo su textura la llamada fanerítica o cristalina, y que según el tamaño de los cristales puede ser:

- De grano fino: entre 0,05-1 mm
- De grano medio: entre 1-5 mm
- De grano grueso: entre 5-10 mm

Las rocas plutónicas forman cuerpos rocosos de disposición y tamaño variable tales como los batolitos, que son grandes cuerpos intrusivos discordantes e irregulares que abarcan un área mayor a 100 km<sup>2</sup>, y los stocks, que ocupan una superficie inferior.

A medio camino entre las extrusivas y las intrusivas se encuentran las llamadas rocas filonianas, hipoabisales y subvolcánicas; que incluye rocas intrusivas formando diques o filones (cuerpos intrusivos tabulares discordante, relativamente estrechos y a menudo con trazados verticales) y rocas enfriadas a poca profundidad o bajo los edificios volcánicos. Estas rocas pueden presentar texturas variables, siendo las más frecuentes la fanerítica de grano fino, la pegmatítica, caracterizada por la presencia de cristales de gran tamaño (> 10 mm) y la porfídica, que consiste en la presencia de unos pocos cristales de gran tamaño, denominados fenocristales, englobados por otros de tamaño menor.

Las rocas ígneas están formadas casi en su totalidad por minerales del grupo de los silicatos. Los silicatos que forman estas rocas se suelen dividir en dos grupos:

- Minerales máficos (cuyo nombre deriva de magnesio y hierro), también llamados melanocráticos (melanos significa de color oscuro): olivino, piroxenos, anfíboles y la mica oscura o biotita.
- Minerales félsicos (cuyo nombre deriva de feldespato y sílice), también llamados leucocráticos (leuco significa blanco): mica blanca moscovita, plagioclasa, feldespato potásico, feldespatoideos y cuarzo.

En función a esta composición mineral, existe una gran variedad de tipos de rocas posibles, siendo los principales grupos los siguientes:

- Rocas ultrabásicas o ultramáficas. Compuestas casi exclusivamente por minerales máficos (olivino, piroxeno) y poco o nada de feldespato.

- Rocas básicas o máficas. Rocas compuestas principalmente por piroxeno y plagioclasa rica en calcio.
- Rocas intermedias. Compuestas por anfíbol y plagioclasa de composición intermedia; en menor proporción pueden presentar mica biotita, piroxeno y cuarzo.
- Rocas ácidas o félsicas. Compuestas por feldespato potásico y cuarzo; además, suelen presentar micas (biotita, moscovita) y plagioclasa alcalina.
- Rocas alcalinas. Contienen nada o poco cuarzo y son muy ricas en feldespato potásico, pueden contener biotita y nefelina.

En el siguiente cuadro se señalan las denominaciones de las rocas ígneas más comunes según ambos criterios, composición y textura.

		COMPOSICIÓN MINERAL					
		ALCALINAS (Feldpt., Nefl.)	ACIDAS (Feldpt. K – Cuarzo)		INTERMEDIAS (Anf. - Plag. Ca y Na)	BASICAS (Pirox.-Plag. Ca)	ULTRABASICA (Olivino – Piroxeno)
<b>TEXTURA</b>	<b>FILONIANAS</b> (pegmatítica)		PEGMATITAS				
	<b>INTRUSIVAS</b> (fanerítica media y/o gruesa)	SIENITA	GRANITO	GRANODIORITA TONALITA	DIORITA	GABRO	PERIDOTITA DUNITA PIROXENITA
	<b>FILONIANAS</b> (fanerítica fina)		MICROGRANITO APLITA		MICRODIORITA	DIABASA DOLERITA	
	<b>EXTRUSIVAS</b> (afanítica)	TRAQUITA	RIOLITA		ANDESITA	BASALTO	
	<b>VIDRIOS VOLCÁNICOS</b> (vitrea)		OBSIDIANA			TAQUILITA	

Entre las rocas extrusivas o volcánicas son más frecuentes las que tienen una composición máfica, como los basaltos, o intermedia, como las andesitas. Por el contrario, en las rocas intrusivas o plutónica son mucho más frecuentes aquellas que tienen una composición ácida, como los granitos.

Los granitos son rocas cristalinas de coloración generalmente clara que contienen cuarzo, feldespato, plagioclasa y micas. Según la proporción de las micas, los granitos pueden ser:

- Leucocráticos (leuco = blanco), con mucha más moscovita (mica de color blanco) que biotita.
- Granitos de dos micas, cuando la proporción de ambos tipos de micas, moscovita y biotita, es similar.
- Granitos biotíticos, cuando el contenido en biotita es mucho mayor que el de moscovita.

Las granodioritas son similares a los granitos, pero están compuestas por cuarzo y plagioclasa esencialmente, con poco feldespato potásico, y algo de mica biotita, presentando, como indica su nombre, una composición a medio camino entre los granitos (roca plutónica ácida) y las dioritas (roca plutónica intermedia). Otro término que usan los geólogos es el de monzogranito o adamellita (haciendo referencia al Adamello, una montaña de los Alpes italianos), con el que denominan a un subtipo de granito en el que el contenido de plagioclasa y de feldespato es similar. Cuando un granito tiene grandes megacristales, que suelen ser casi siempre de feldespato potásico, se les denomina granito pórfido.

Las rocas filonianas presentan una gran variedad de texturas y composiciones tales como las pegmatitas (roca de colores claros, con un tamaño de grano grueso a muy grueso y mineralogía simple: cuarzo, feldespato, micas moscovita y a veces turmalina y otros minerales), los pórfidos (rocas con textura porfídica, con grandes cristales de cuarzo, feldespato o micas en una matriz de grano muy fino); pero las rocas filonianas más típicas son las de textura fanerítica fina y que según su composición se denominan microgranito y aplitas (si son ácidas), microdiorita (intermedias), diabasa o microgabro (básicas).

## Apéndice II: ¿Dónde puedo encontrar más datos?

### Mapas geológicos y topográficos

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) publica mapas geológicos y geomorfológicos a escala 1:50.000, que puedes utilizar para conocer más detalles sobre las unidades geológicas que componen La Sierra. 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.

Los mapas geológicos a escala 1:50.000 que corresponden a este itinerario son las hojas **508 (Cercedilla)** y **509 (Torrelaguna)**. Cada mapa geológico, 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 Ibero 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 fotos aéreas de diferentes fechas, disponibles en: <http://gestiona.madrid.org/nomecalles/> Si cambiamos la base de datos de fotos aéreas que se utiliza como fondo, y comparamos las fotos de diferentes años, podremos identificar los cambios que ha sufrido una zona desde 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 (ortofotografías con coordenadas) y hasta una escala de 1:5.000. Está disponible en: <http://www.trescantossa.com/geomadrid/Navegar.aspx>

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

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

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

De reciente creación, el portal IDEE integrará a través de Internet los datos, metadatos, servicios e información de tipo geográfico que se producen en España, a nivel nacional, regional y local. Está en: [http://www.idee.es/show.do?to=pideep\\_pidee](http://www.idee.es/show.do?to=pideep_pidee)

## Museos y jardines de rocas

El Museo Geominero es una unidad del Instituto Geológico y Minero de España (Organismo Público de Investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación). Se encuentra situado en: C/ Ríos Rosas, 23; 28003-Madrid (Horario: 9 a 14 h de lunes a domingos y festivos; salvo 24, 25 y 31 de diciembre y 1 y 6 de enero; entrada gratuita). Junto con la importancia de las colecciones de minerales, rocas y fósiles procedentes de todas las regiones españolas y de antiguos territorios coloniales, así como de yacimientos significados del registro mundial, cabe destacar también el alto interés arquitectónico del propio edificio. <http://www.igme.es/museo/>

El Museo Nacional de Ciencias Naturales es una institución del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, gestiona una importante colección de especímenes de geología y paleontología y desarrolla un programa de exposiciones y actividades educativas dirigidas al público general. Está en: C/ José Gutiérrez Abascal, 2; 28006-Madrid. <http://www.mncn.csic.es/home800.php>

El museo histórico-minero Don Felipe de Borbón y Grecia pertenece a la Escuela Superior de Ingenieros de Minas, situada en: C/ Ríos Rosas, 21; 28003-Madrid (visita previa petición de cita). Además de ver las colecciones de minerales, fósiles (con una interesante exposición temática sobre osos de las cavernas) y de lámparas mineras, la visita incluye el acceso a la Mina-Museo Marcelo Jorissen. <http://www.minas.upm.es/inicio/Museo%20Historico/espanol.htm>

La Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid cuenta en la actualidad con once centros de educación ambiental distribuidos por la región madrileña. Todos ellos desarrollan programas dirigidos a población local de su entorno, sistema educativo y visitantes. También se llevan a cabo actividades adaptadas a grupos diversificados de población, entre los que se incluyen personas invidentes o sordas. En algunos de ellos existen jardines de rocas u otras infraestructuras con contenidos temáticos relativos a la geología, entre ellos cabe destacar:

Jardín de rocas del parque de Polvoranca (Leganés), dependiente del Centro de Educación Ambiental que la Comunidad de Madrid tiene en dicho parque (Tel. 916484487), en el que se pueden ver los principales grupos de rocas presentes en la Comunidad de Madrid, su visita merece la pena.

Jardín de rocas de la laguna de El Salmoral (Prádena del Rincón), dependiente del Centro de Educación Ambiental de la Comunidad de Madrid del Hayedo de Montejo (C/ Real, 64; 28190-Montejo de la Sierra, Tel. 918697058 / 918697217). Contiene rocas ígneas y metamórficas de la Sierra Norte, así como paneles explicativos relativos a la influencia de las rocas en los paisajes.

Esta información puede además conseguirse en la web del IGME:

[www.igme.es/internet/patrimonio](http://www.igme.es/internet/patrimonio)

## Apéndice III: 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](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.

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

**Caliza:** roca sedimentaria compuesta principalmente por calcita.

**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<sub>2</sub>) 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).

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

**Dolomía:** roca sedimentaria compuesta principalmente por dolomita.

**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).

**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.

**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.

**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 (CaCO<sub>3</sub>) al perder el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) 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.

## Apéndice IV: Escala del tiempo geológico

