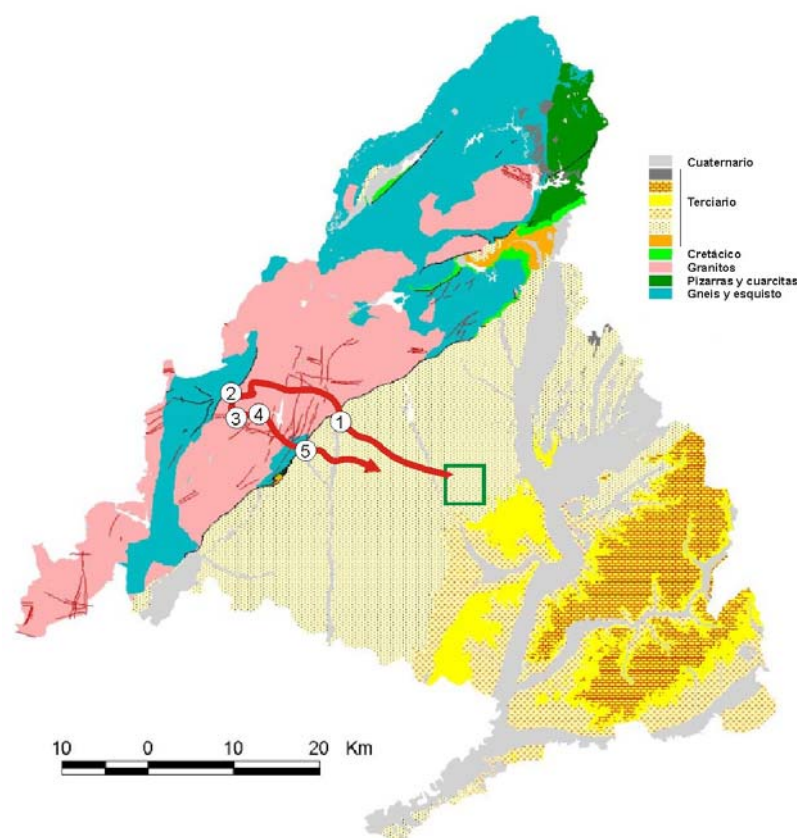


# Paseos por la Geología Madrileña. 4

## Itinerario geológico por el oeste de la Comunidad de Madrid



Enrique Díaz Martínez  
*Instituto Geológico y Minero de España*



2007



CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN  
**Comunidad de Madrid**  
[www.madrid.org](http://www.madrid.org)

*Guía de campo*



**semana  
de la ciencia  
madrid**

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

**Enrique Díaz Martínez**

Depto. Investigación y Prospectiva Geocientífica  
Instituto Geológico y Minero de España  
Calera, 1  
28760 Tres Cantos, Madrid  
Tel.: 917287235  
Fax: 917287202  
E-mail: e.diaz@igme.es

Esta guía ha sido elaborada para la excursión de la VII Semana de la Ciencia (18 de Noviembre de 2007). **Este itinerario** geológico será próximamente publicado por el Instituto Geológico y Minero de España en un libro junto con otros tres itinerarios más por el norte, sureste y suroeste de la Comunidad de Madrid. Si quieres difundirla, puedes hacerlo, siempre citando la fuente. El objetivo es divulgar la geología de Madrid, y que se conozca y proteja nuestro patrimonio natural geológico.

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

© Enrique Díaz Martínez, 2007  
© Instituto Geológico y Minero de España, 2007

Las fotos aéreas se han obtenido de sistemas de información geográfica de acceso público disponibles en las siguientes direcciones:

- Comunidad de Madrid: <http://gestiona.madrid.org/homecalles/>
- Google Earth: <http://earth.google.com>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación: [http://w3.mapya.es/dinatierra\\_v3/](http://w3.mapya.es/dinatierra_v3/)

# Itinerario geológico por el oeste de la Comunidad de Madrid

## Paseos por la Geología Madrileña, no. 4

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

El itinerario se puede realizar en cualquier época del año, y está orientado al público en general, especialmente si estás interesado en geología y geomorfología.



Figura 1: El paisaje, la vegetación, el relieve, los usos del suelo... siempre tienen una explicación relacionada con el sustrato geológico. En la imagen, berruecos formándose por erosión del granito previamente alterado, cerca de El Berrueco (Madrid).

## Indice

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Introducción a la geología de Madrid | 4  |
| Descripción del recorrido            | 8  |
| Geología del itinerario              | 10 |
| Parada 1                             | 12 |
| Parada 2                             | 15 |
| Parada 3                             | 19 |
| Parada 4                             | 21 |
| Parada 5                             | 25 |
| Mapas geológicos y fotos aéreas      | 28 |
| Glosario                             | 29 |
| Bibliografía                         | 33 |
| Escala del tiempo geológico          | 36 |

## Introducción a la geología de Madrid

Las Sierras de Guadarrama y Somosierra, en la franja noroeste del territorio de la Comunidad de Madrid, forman parte del Sistema Central (puedes verlo en la Figura 2). El sustrato geológico de esta zona está formado por rocas muy diversas (plutónicas, 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 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.

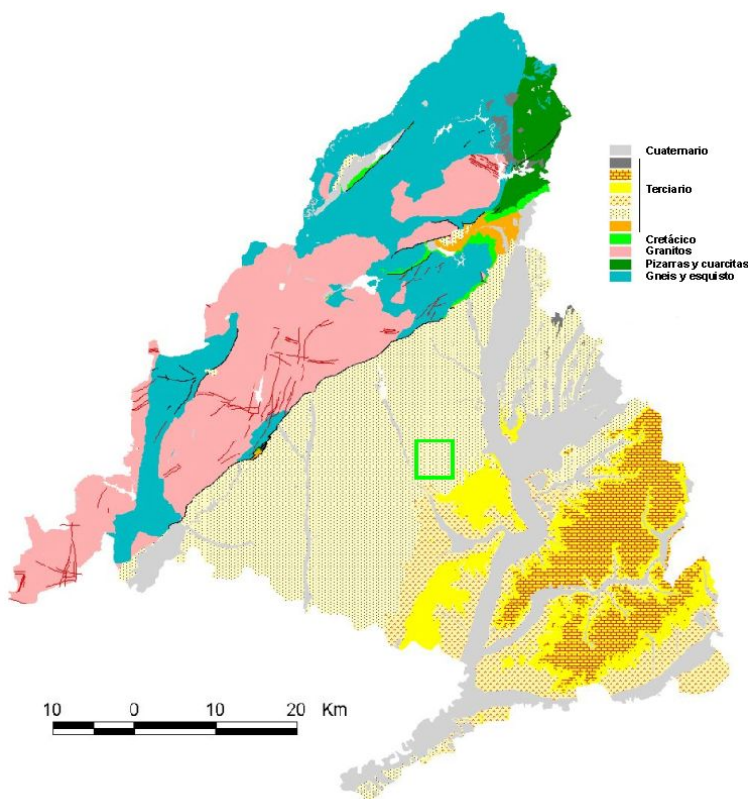


Figura 2: Esquema geológico de la Comunidad de Madrid.



El movimiento continuo de las placas litosféricas que forman la corteza terrestre, y las colisiones entre esas placas, han generado las cordilleras y montañas. De ahí el nombre de orogenia, que significa origen del relieve, génesis de montañas. Las actuales alineaciones montañosas de la Península Ibérica -entre ellas el Sistema Central del norte y oeste de la Comunidad de Madrid- se formaron durante la Orogenia Alpina, que comenzó a finales del Cretácico, hace unos 80 millones de años. En la Península Ibérica, la Orogenia Alpina se debió a una doble colisión: por un lado, la colisión de la Placa Ibérica con la Placa Euroasiática para dar lugar a los Pirineos, Cordillera Cantábrica y Cordillera Ibérica, y por otro lado, la colisión de la Placa de Alborán con las Placas Ibérica y Africana para dar lugar a las Cordilleras Béticas y al Sistema Central por el norte y al Rif Marroquí por el sur. Después de la formación de estas montañas, en el Plioceno, hace unos 5 millones de años, tuvo lugar otra consecuencia de la Orogenia Alpina: el basculamiento o inclinación gradual 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),

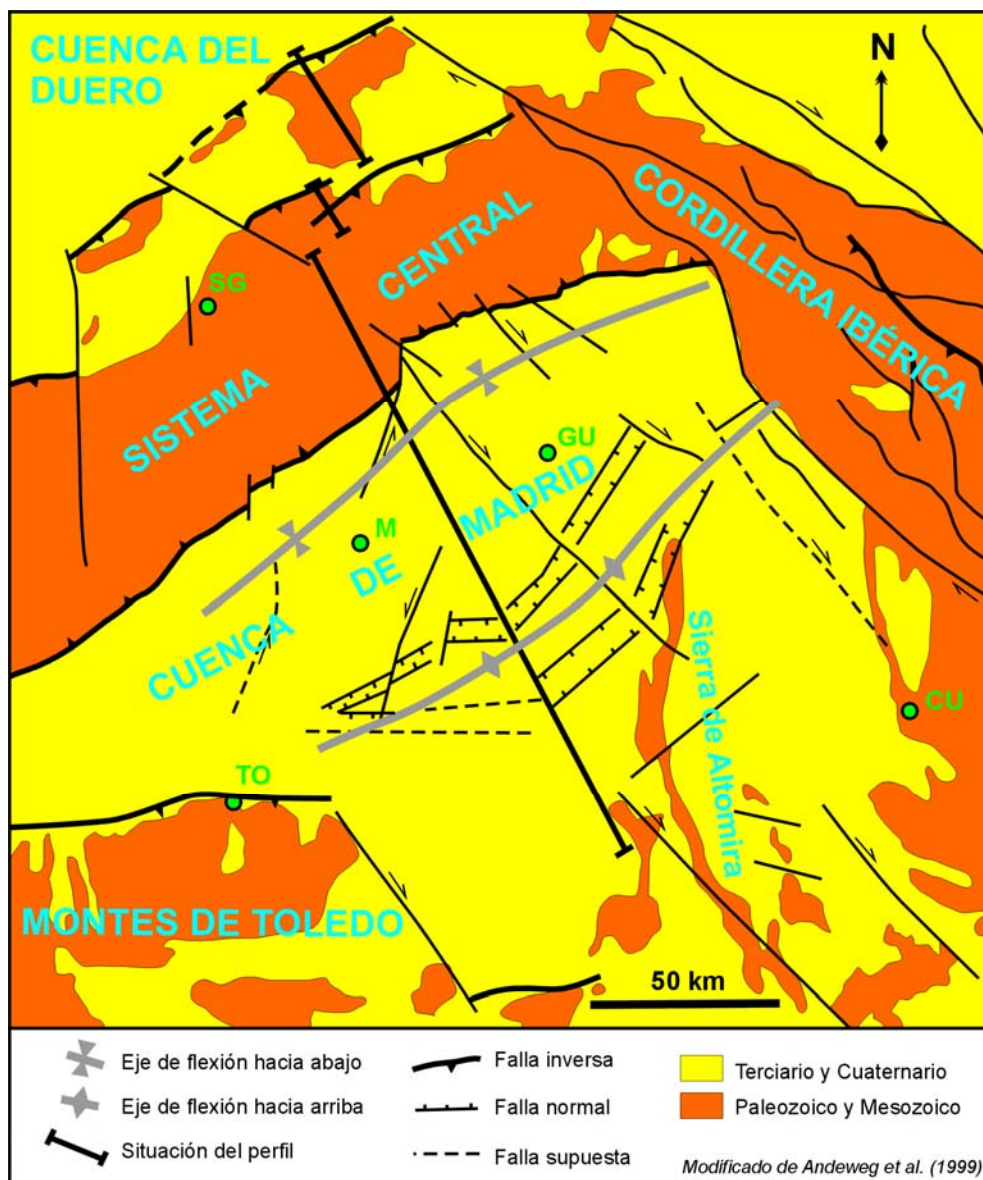


Figura 3: Mapa simplificado de las principales estructuras tectónicas que afectan a la corteza terrestre en la zona central de la Península Ibérica. Las siglas se refieren a las capitales de provincia.

empezaron a 'vaciar' hacia el oeste, estableciéndose el drenaje de las cuencas hidrográficas que vemos actualmente. Durante la Orogenia Alpina no sólo se elevaron cordilleras, sino que, al mismo tiempo, según se iban formando los nuevos relieves, éstos se erosionaban. Los torrentes y ríos que entonces, igual que ahora, bajaban de las montañas del Sistema Central, arrastraban sedimentos y, cuando cesaba el transporte, los sedimentos se depositaban y se iban rellenando las zonas bajas con dichos materiales. De esta forma, durante el Mioceno, en la región de Madrid existía una gran cubeta o cuenca de sedimentación que se iba rellenando con los sedimentos procedentes de los sistemas montañosos que la rodeaban. En aquella época el clima era más cálido y árido que el actual, y los cursos fluviales que discurrían entre las montañas, al llegar a la zona llana de la cuenca formaban extensos abanicos aluviales con los materiales que transportaban. Como siempre ocurre en estos casos, los de mayor tamaño (gravas y arenas) se quedaban más cerca del área fuente, y los más finos (limos y arcillas) llegaban a las zonas lacustres, colmatándolas gradualmente. Además, los compuestos que se encontraban disueltos en el agua también llegaban a los lagos y dieron lugar a sales y evaporitas, llamadas así porque precipitan cuando se evaporan las aguas. Los seres vivos, fundamentalmente algas, bacterias y moluscos, también contribuyeron a la formación de rocas como las calizas.

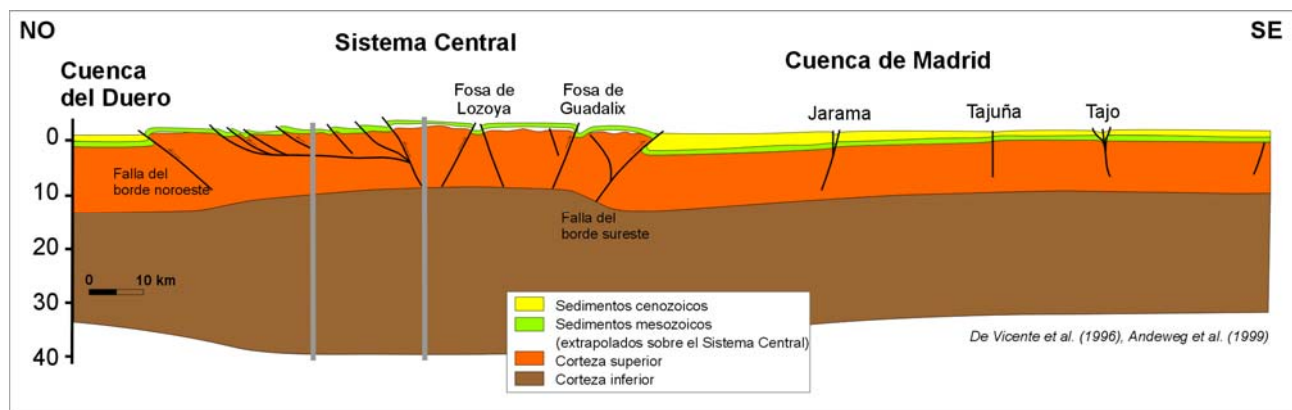


Figura 4: Corte geológico esquemático mostrando la estructura interna de la corteza terrestre en la zona central de la Península Ibérica. La situación del corte está indicada en la Figura 3.

Aproximadamente dos tercios de la Comunidad de Madrid forman parte de esta amplia cubeta sedimentaria que los geólogos llaman 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', cuando esta cuenca estaba cerrada y sin salida al mar (cuenca endorreica). El segundo grupo de materiales, que son los más recientes, está formado por sedimentos predominantemente fluviales depositados desde el 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 (ocre 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 4). 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 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 Plioceno, desde hace unos tres millones de años. 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.

## Descripción del recorrido

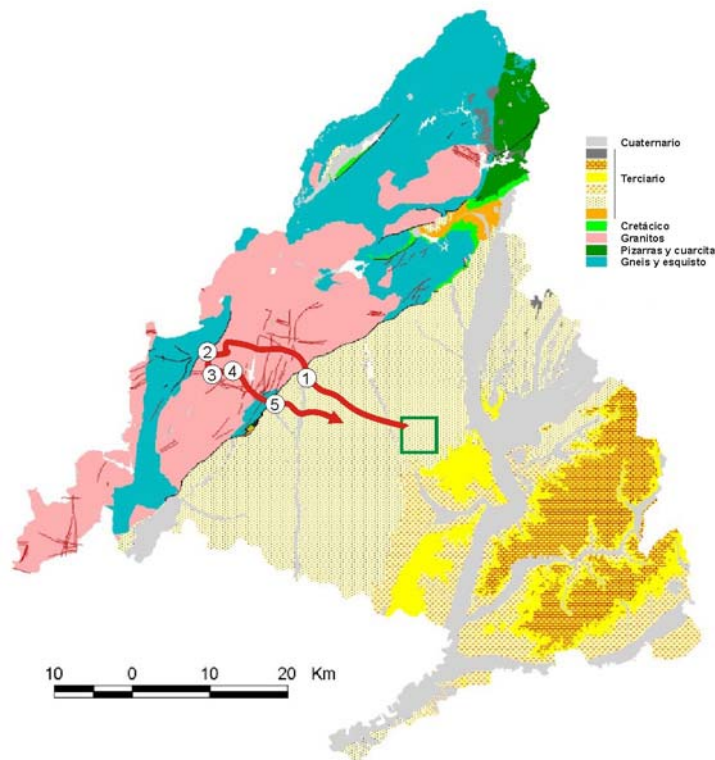


Figura 5: Mapa geológico simplificado de la Comunidad de Madrid, indicando las paradas descritas en esta guía.

Salimos de Madrid por la Autovía del Noroeste (A-6) hasta el km 18 en el que nos desviamos hacia Las Rozas y El Escorial, y después hacia Galapagar por la M-505. Seguimos por esta carretera pasando de largo Galapagar y El Escorial, y subiendo en dirección a Ávila. Al llegar al Puerto de la Cruz Verde dejamos la M-505 para tomar la M-533 a la izquierda pasando por Zarzalejo, Pajares y Peralejo hasta la M-600, a la que nos incorporamos hacia el sureste. Pasado Valdemorillo, tomamos la M-503 hacia Villanueva del Pardillo y volvemos a Madrid. La longitud aproximada de todo el recorrido en vehículo es de unos 130 km.

El itinerario está diseñado para realizarse en un día desde Madrid. Los puntos de observación se han seleccionado cercanos a la carretera y accesibles a pie (andando menos de 1 km en cada parada). Las paradas 1, 2 y 3 cuentan con suficiente espacio para aparcar varios coches o un autobús. En cambio, el espacio disponible para aparcar en las paradas 4 y 5 es más limitado y puede que haga falta maniobrar. Por favor, en todos los casos es importante dejar siempre el vehículo aparcado fuera de la carretera y donde no obstruya el paso, nunca en el mismo arcén y mucho menos en la calzada. El aparcamiento en la parada 5 es muy limitado (sólo para uno o dos coches, no sirve para un autobús grande). Una alternativa es entrar a la urbanización El Mirador del Romero por la M-853 y atravesar la urbanización hasta su extremo sur para aproximarnos y acceder al afloramiento por el túnel que pasa bajo la carretera. En casos como éste, y hasta que desde algún organismo de la administración tomen la decisión de facilitar el acceso y aparcamiento para visitas, es imprescindible que señalicemos debidamente el vehículo con triángulos y que una persona con chaleco reflectante reglamentario permanezca en el



arcén para avisar a otros vehículos. También recomendamos que durante las maniobras de acceso y aparcamiento en las paradas 4 y 5 haya una persona con chaleco reflectante para facilitar la labor y evitar cualquier riesgo. Además, debemos tener mucho cuidado en las paradas 2, 4 y 5, ya que hay que cruzar la calzada para poder ver los afloramientos, intentando siempre permanecer el mínimo tiempo sobre el firme o el arcén, y bajar directamente a la cuneta.

## Geología del itinerario

Descripción de los aspectos geológicos generales de este recorrido

En las figuras 5 y 6 puedes ver el recorrido y las paradas de las que consta el itinerario geológico por el oeste de la Comunidad de Madrid, indicadas con números del 1 al 5 según el orden en el que deben realizarse. Lo mejor sería poder hacer tres paradas por la mañana y las otras dos por la tarde, comiendo en el pueblo de Zarzalejo o en Pajares (La Estación). Si hacemos el recorrido en verano (días más largos) y/o le dedicamos poco tiempo a cada parada, puede que nos sobre tiempo. Si hacemos el recorrido en invierno (días más cortos) y/o le dedicamos mucho tiempo a cada parada, puede que no nos dé tiempo a hacerlas todas y que tengamos que suspender la última.

En este recorrido veremos una gran variedad de formaciones geológicas, desde los sedimentos recientes depositados hace pocos días en el cauce del río Guadarrama hasta las rocas metamórficas del Puerto de la Cruz Verde formadas originalmente hace más de 500 millones de años. Para poder situarnos en el tiempo, a continuación hay un gráfico que indica la edad aproximada de las rocas que veremos en cada parada.

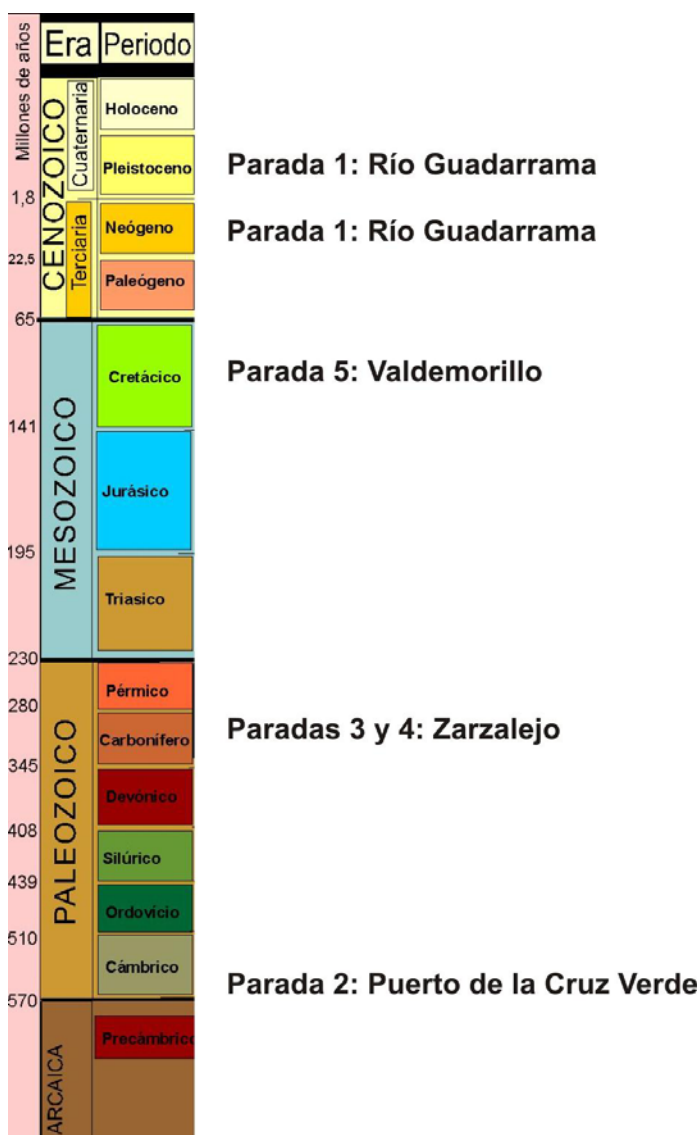


Figura 6: Edad aproximada de las rocas y sedimentos que se pueden ver en el itinerario geológico por el oeste de la Comunidad de Madrid.

En este recorrido veremos las principales rocas y sedimentos del oeste de la Comunidad de Madrid:

**Sedimentos:** En la parada 1 veremos arenas y gravas sin consolidar y colocadas según el orden en el que se depositaron: las arcosas con grava del Mioceno (hace más de 10 millones de años) debajo y las gravas y arenas del Cuaternario (último millón de años) encima. En ninguno de los dos casos se han llegado a convertir en roca dura y por eso podemos desmenuzarlos con la mano.

**Rocas sedimentarias:** En la parada 5 veremos areniscas, dolomías y calizas del Cretácico. Algunas de estas rocas se utilizan frecuentemente en la construcción y por eso hay canteras y hornos en la zona: unas para la extracción del material y los otros para la fabricación de cal a partir de la caliza. Durante la parada 2 observaremos rocas metamórficas que eran rocas sedimentarias antes de sufrir las transformaciones del metamorfismo, principalmente dolomías. Todas estas dolomías y calizas son de origen marino y demuestran que la zona centro de lo que ahora es la Península Ibérica estuvo cubierta por un mar tropical hace bastante tiempo y por lo menos dos veces: primero en el Cámbrico y luego en el Cretácico.

**Rocas metamórficas:** En la parada 2 veremos mármoles compuestos por magnesita y otros minerales poco frecuentes. Debemos fijarnos en el tamaño de los cristales, visibles a simple vista (sin necesidad de lupa) debido a su recrecimiento durante el metamorfismo. Estas son unas de las rocas más antiguas de la Comunidad de Madrid (¡más de 500 millones de años!).

**Rocas magmáticas plutónicas:** En las paradas 3 y 4 veremos diferentes tipos de granito y, si nos fijamos en el tamaño de los cristales y en los diferentes minerales, podremos distinguir de qué tipo es cada uno. Debido a su gran resistencia, el granito se usa frecuentemente en edificios y construcciones. Por toda la zona hay buenos ejemplos de su utilización.

## Parada 1

### Lugar

Taludes del río Guadarrama junto al Puente del Retamar.

### Acceso

Salimos de Madrid por la A-6 y tomamos la salida 18 hacia Las Rozas y El Escorial. Una vez en la M-505, pasamos Las Rozas y al acabar la bajada hacia el río Guadarrama, en la rotonda que hay antes de cruzar el río, dejamos la M-505 y tomamos la siguiente salida de la rotonda que se caracteriza porque es pequeña, con la curva muy cerrada y no señalizada. Bajamos la cuesta y aparcamos en el Área Recreativa Virgen del Retamar, que está dentro del llamado 'Parque Regional del Curso Medio del río Guadarrama y su entorno', más vulgarmente conocido como Parque del Guadarrama.



Figura 7: Esquema del acceso a la Parada 1.

### Material y edad

Arcosa y grava del Mioceno inferior y medio (entre 20 y 10 millones de años), y grava con arena del Cuaternario.

### Características

Caminando río abajo desde el aparcamiento del área recreativa, pasamos junto a un panel explicativo de la geología de la zona que recomendamos leer. Algo más adelante pasamos por debajo del Puente del Retamar, construido en el siglo XVIII en granito y situado en la antigua vía principal de comunicación entre Madrid y Ávila. Más abajo y en el talud de la izquierda vemos los depósitos del Mioceno y del Cuaternario que son el objeto de esta parada. En ambos casos se trata de un sedimento poco consolidado y con poca cementación, lo que le hace deleznable y fácilmente erosionable. En algunas partes presenta mayor cohesión debido a la mayor cantidad de arcilla y limo. Si nos fijamos en el corte de los depósitos de gravas y arenas fluviales del Cuaternario en la parte alta del talud (ver la Figura 8), veremos niveles de diferente tonalidad y tamaño de los granos: son los estratos. Éstos nos indican la acumulación sucesiva de diferentes capas de sedimento a lo largo del tiempo: las más antiguas abajo y las más recientes arriba.





Se llama arcosa a una arena o arenisca con abundante proporción de feldespatos y cuarzo. Si miramos la arcosa del Mioceno en detalle, preferiblemente con una lupa, veremos que está formada por granos de arena de composición variada, forma más o menos redondeada, y tamaño bastante grueso para ser una arena. A los granos con más de 2 mm ya se los clasifica como grava. Cuando estos granos (más bien cantos o piedras) de varios centímetros son muy abundantes y con formas redondeadas, entonces la roca o sedimento se llama conglomerado. La composición de los granos de la arcosa es fundamentalmente de feldespato, cuarzo y mica. El feldespato se caracteriza por ser opaco y de tonos blanquecinos (rosado, ocre, etc.), el cuarzo por ser translúcido y de tonos grisáceos, y la mica por ser brillante y aplanada, unas veces blanca (moscovita) y otras negra (biotita).



Figura 8: En el talud de la parada 1 vemos los sedimentos (arena con grava) del Mioceno que forman una gran parte del relleno de la Cuenca de Madrid. Por encima quedan restos de un antiguo depósito de grava y arena del río Guadarrama: una terraza fluvial que ha quedado 'colgada' debido al encajamiento del río y que, en su parte superior, está afectada por procesos edáficos.

### Origen

¿De dónde vienen estos sedimentos? Contamos con un indicio detectivesco muy útil para saber de dónde vienen los granos más pequeños, y son los granos más grandes: los cantos de grava dispersos en el sedimento son muestras directas de las rocas que se erosionaron para dar lugar al material que vemos aquí. Encontraremos algunos de cuarzo, otros de granito, otros de gneis, otros de feldespato... En resumen, nos están indicando que en una zona próxima y más elevada se estaban erosionando rocas con esta composición. Los fragmentos erosionados fueron después arrastrados por las aguas y depositados donde los vemos ahora, ¡pero el paisaje era completamente distinto al actual! Estamos hablando del Mioceno, y en concreto hace entre 20 y 10 millones de años. El clima era más cálido que el actual, la vegetación era diferente (sabana tropical) y el relieve estaba formado por grandes abanicos aluviales, es decir, amplias llanuras con una suave pendiente que bajaban desde las montañas situadas al norte dirigiéndose hacia unos lagos situados más al sur, por el sureste de la Comunidad de Madrid (ver el itinerario sureste). En cambio, el paisaje que vemos hoy es resultado del encajamiento del río



Guadarrama y sus afluentes en estos sedimentos poco consolidados. Como no han estado enterrados a mucha profundidad, no están suficientemente compactados y cementados como para convertirse en una roca dura y resistente a la erosión. Por lo tanto, el relieve de esta zona es suave y alomado, sin afloramientos de roca dura. Cuando falta la vegetación y la pendiente es pronunciada, en este material arenoso son frecuentes las cárcavas y pequeños surcos de erosión debido a la escorrentía del agua de lluvia que arrastra los granos. Los taludes del entorno del área recreativa tienen algunos ejemplos de estos surcos.

### **Por el camino**

Salimos del área recreativa a la rotonda y hacemos la vuelta casi completa para retomar la M-505 en dirección a Galapagar (hacia el norte). Pasado el puente sobre el río Guadarrama y el desvío al Molino de la Hoz deberemos fijarnos en los taludes junto a la carretera. Es una pena que a lo largo de esta subida no haya ningún espacio mínimamente adecuado para hacer alguna parada, porque tiene algunos lugares de gran interés geológico. Una de las cosas en las que debemos fijarnos en el corte de la carretera es cómo va aumentando el tamaño de las piedras y cantos que están incluidos en los sedimentos arcóscicos del Mioceno. Esto nos indica que nos acercamos hacia el área fuente de donde fueron erosionados hace millones de años: más grandes cuanto más cerca estemos, más pequeños cuanto más nos alejemos. Precisamente en un pequeño tramo del recorrido de la cuesta de subida hacia Galapagar, cerca del km 11, veremos a la izquierda unos grandes bloques de granito que sobresalen en el talud (Figura 9). Estamos ya junto a la gran falla que rompió la corteza terrestre y separó por un lado el Sistema Central al noroeste y por otro la Cuenca de Madrid al sureste (mira las Figuras 5 y 6). A partir de que pasemos esta falla, tapada por depósitos de ladera (coluvión), empiezan los afloramientos de granito que veremos durante gran parte del recorrido. En la subida de San Lorenzo del Escorial al Puerto de la Cruz Verde pasaremos del granito al gneis.



Figura 9: Bloques de granito en los depósitos del borde de la Cuenca de Madrid (abanicos aluviales del Mioceno), cerca de la falla principal junto al km 11 de la carretera M-505 entre Las Rozas y Galapagar.

## Parada 2

### Lugar

Canteras de mármol cerca del Puerto de la Cruz Verde.

### Acceso

Retomamos la carretera M-505 pasando de largo Galapagar y El Escorial y subiendo en dirección a Ávila. Pasadas las curvas cerradas y justo antes de llegar a la rotonda del Puerto de la Cruz Verde, nos desviamos a la derecha para entrar al aparcamiento del restaurante (mira la foto aérea en la Figura 10). Si nos pasamos este desvío y llegamos a la rotonda, ¡no pasa nada!: giramos a la derecha en dirección a las Navas del Marqués y Ávila, y enseguida otra vez a la derecha para entrar en el aparcamiento del restaurante. Desde aquí deberemos ir andando, cruzar la rotonda con mucho cuidado y entrar por el camino sin asfaltar que lleva a la cantera.



Figura 10: Esquema de acceso a la Parada 2. En amarillo (1), la alternativa normal para autobuses; en rojo (2), la alternativa si te pasas el desvío de antes de la rotonda; y en verde (3), la alternativa para dos o tres vehículos pequeños.



### Material y edad

Mármoles magnesíticos, probablemente del Cámbrico inferior (hace más de 500 millones de años).



## Características

Por el camino de acceso, y también por la senda que va junto a la valla al otro lado de la carretera M-533, veremos afloramientos y fragmentos de la roca metamórfica. En la cantera encontraremos fragmentos de mármol magnesítico y otras rocas (esquisto, gneis, etc.). En algunos lugares la magnesita está acompañada de talco: una masa de color verdoso y bastante blanda (se raya con la uña). Los aficionados a la mineralogía podrán encontrar otros minerales interesantes por el entorno. Junto a las canteras están las ruinas de los edificios que formaron parte de las antiguas explotaciones.

## Origen

La palabra mármol tiene diferentes significados según quien la use. En ciencias naturales, y concretamente en geología, la palabra mármol se usa sólo para referirse a una roca metamórfica compuesta en su mayor parte de carbonato, ya sea en forma de calcita (en cuyo caso sería un mármol típico), dolomita (en cuyo caso sería un mármol dolomítico) o magnesita (en cuyo caso sería un mármol magnesítico). Por el contrario, en el sector de las rocas industriales (canteros, marmolistas, lapidarios, constructores), la palabra mármol es más genérica y hace referencia a cualquier roca carbonática aunque no sea metamórfica. Así, por ejemplo, llamarían mármol también a las calizas y a las dolomías, que no son rocas metamórficas sino rocas sedimentarias.

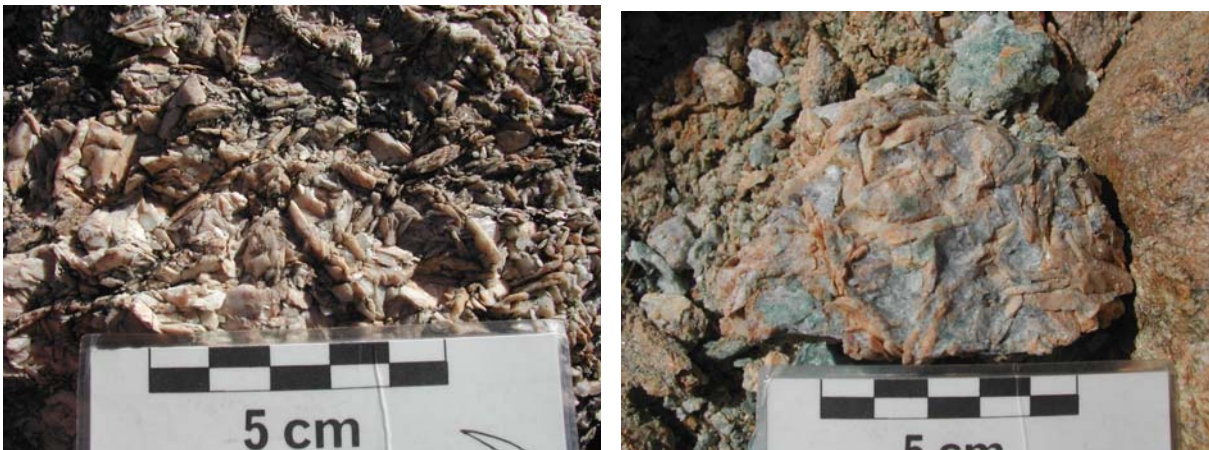


Figura 11: Mármol del puerto de la Cruz Verde, formado por grandes cristales de magnesita (carbonato de magnesio) de color blanquecino, en ocasiones acompañados de serpentina y talco (silicatos hidratados de magnesio) de color verdoso.

El mármol que vemos en esta parada está compuesto en su mayor parte de magnesita, o sea, de carbonato de magnesio ( $Mg_2CO_3$ ). La masa de mineral verdoso acompañante también está hecha de minerales de magnesio (serpentina y talco), pero en lugar de carbonato tienen silicato hidratado. La magnesita se explotó en estas canteras a cielo abierto fundamentalmente para la obtención de óxido de magnesio. Al calentar la magnesita en un horno de calcinación se libera gas de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y queda óxido de magnesio. La magnesita y el óxido de magnesio tienen numerosas aplicaciones en nuestra vida diaria: fabricación de ladrillos y morteros refractarios, cementos, cerámicas y esmaltes, alimentación animal, industria química, agricultura (corrector de suelos ácidos y fertilizante para aportar magnesio a las plantas), tratamientos medioambientales (aguas, limpieza de gases embotellados), productos cosméticos, pasta de dientes y como aislante térmico y eléctrico. Los escaladores, trapevistas y gimnastas usan magnesita molida para evitar la sudoración de las manos y así evitar posibles

resbalones y caídas que podrían ser fatales. También se usa como antiácido y como aditivo en la sal de mesa para que no se apelmace.

El origen de este mármol es el metamorfismo de una dolomía. El aumento de presión y temperatura produjo cambios en la dolomita, acompañados de pérdida del calcio y formación de nuevos minerales como pirita y silicatos hidratados de magnesio (talco y serpentina). La dolomía que dio lugar a este mármol magnésítico era una roca sedimentaria que se depositó originalmente en el fondo de un mar hace más de 500 millones de años durante el Cámbrico. Esta edad no es del todo segura, pero sí representa la hipótesis más probable, pues aunque en algunos lugares de España hay formaciones de carbonato más antiguas que el Cámbrico, son bastante raras. El problema es que el metamorfismo cambia tanto la roca original que hasta ahora no se ha conseguido saber su edad con fiabilidad.



Figura 12: Junto a las canteras de mármol quedan las ruinas de los edificios utilizados durante su explotación.

Los minerales verdosos que acompañan a la magnesita los podemos diferenciar por su dureza: el talco se raya con la uña y la serpentina con la navaja u otro metal, pero no con la uña. La razón de que el talco sea tan blando es porque sus átomos no están unidos tan fuertemente como en la mayoría de los demás minerales, mediante los enlaces químicos de tipo covalente, iónico o metálico. La estructura del talco a escala microscópica está formada por capas de silicato y magnesio unidas entre sí por unas fuerzas muy débiles, conocidas en química como enlaces de van der Waals. Esta es la razón de que el talco tenga ese tacto suave y untuoso. Cuando lo rayamos o rascamos, se rompe la estructura cristalina del mineral y se forman multitud de fragmentos diminutos, como si fuera polvo. ¡Ahora ya sabes de dónde se obtienen los polvos de talco!

### **Por el camino**

La vuelta andando al aparcamiento del restaurante en el Puerto de la Cruz Verde la podemos hacer por una senda que hay al otro lado de la carretera, ¡siempre poniendo mucho cuidado al cruzarla! Entre la carretera y la valla metálica podemos ver afloramientos del mármol magnésítico que muestran su aspecto natural cuando está expuesto a la alteración durante miles de años, sometido a la disolución por el agua de lluvia y a los fuertes cambios de temperatura que se dan en estas alturas (1256 m en el

puerto) y a la acción del hielo y deshielo del agua que entra en sus poros y grietas. Al helarse, el agua aumenta de volumen y puede romper la roca. Recuerda lo que le pasa a una botella de cristal llena de agua o refresco si la metes al congelador. Esta es también una de las razones por las que las carreteras de montaña tienen tantos baches y hay que repararlas tan a menudo.

Si vas bien de tiempo y tienes interés en la interpretación del paisaje de este valle y de esta zona de la Sierra de Guadarrama, antes de tomar la M-533 puedes acercarte al mirador con aparcamiento que hay a menos de un kilómetro por la carretera M-505 que va a Ávila (saliendo del estacionamiento del restaurante hacia la derecha), y después volver al puerto para continuar con el itinerario. Este mirador pertenece a la Red de Senderos del Sistema Central (GR-10 y GR-11) y es un ejemplo de lo que se podría hacer para facilitar la visita a algunos de los muchos puntos de interés geológico que hay en la Comunidad de Madrid. Las paradas que exponemos en esta guía que tienes en tus manos son sólo una pequeña muestra de la geodiversidad de la región. El coste de un mirador no es mucho comparado con sus beneficios (educativo, de ocio, sociocultural, etc.) a corto, medio y largo plazo. Sólo hace falta voluntad política para contribuir al uso público del patrimonio natural y así no vernos obligados a jugar la vida para poder apreciar y conocer nuestra geodiversidad.



Figura 13: Mirador con panel para la interpretación del paisaje del valle de El Escorial y la Sierra de Guadarrama, cerca del Puerto de la Cruz Verde pero por la carretera a Ávila.

Volviendo al Puerto de la Cruz Verde, bajamos hacia Zarzalejo por la M-533. Antes de llegar a este pueblo, y oculto bajo el pinar, pasamos por encima del límite o contacto entre las rocas metamórficas (gneis, mármol, esquisto) en las que se ubica la cantera de la parada 2, y las rocas ígneas (granito y pórfido) que veremos con más detalle en las paradas 3 y 4.



## Parada 3

### Lugar

Mirador a la salida de Zarzalejo.

### Acceso

Desde el Puerto de la Cruz Verde tomamos la carretera M-533. A la salida del pueblo de Zarzalejo paramos a la derecha en un pequeño aparcamiento que hay junto a un mirador.



Figura 14: No es raro que en la interpretación del paisaje se olvide que el relieve, la vegetación y los usos del suelo están condicionados por la composición y la estructura del sustrato geológico. Así pues, debemos tener presente que la geodiversidad de un territorio es también parte de su patrimonio natural y cultural, y un importante condicionante del paisaje.

### Material y edad

Granito del Carbonífero superior (entre 300 y 290 millones de años).

### Características y origen

En este mirador podemos disfrutar de una espléndida vista y al mismo tiempo aprender con la interpretación del paisaje. Conviene leer los paneles explicativos, que nos ayudarán a saber en qué hay que fijarse para extraer la abundante información 'escondida' en el paisaje. Con la experiencia y los años podremos aprender a interpretar el relieve, el sustrato geológico, la vegetación y sus cambios, los tipos de suelos, los usos que se ha dado y se está dando al territorio, los cambios recientes originados por la acción humana o las modificaciones que se hicieron hace décadas o siglos. Todo eso, con sólo echar un vistazo.

Los bloques de roca que hay en el mirador están hechos de granito, igual que los principales relieves cercanos. Las formas del relieve que vemos en los granitos nos dan información sobre el clima que afectó a esta zona hace millones de años. Los grandes

bolos de roca granítica que forman los berruecos y berrocales son el resultado de la erosión, que es mayor junto a las fracturas por donde se 'pudre' o altera la roca, y que es menor en los bloques que no están fracturados. La mayor parte de esta 'putrefacción' del granito (realmente es una alteración química) tuvo lugar antes de ser erosionado, cuando todavía estaba enterrado en el subsuelo. La acción del agua de lluvia y las altas temperaturas propias de un clima tropical hacen que los feldespatos y las micas se vayan deshaciendo y transformando en arcillas. Posteriormente, la erosión debida al agua de lluvia es la que hace que la parte más alterada sea arrastrada en forma de arena, limo y arcilla, y que la parte menos alterada (los núcleos de granito no fracturado) se quede resistiendo la erosión y dando lugar a esas formas redondeadas que vemos.

En el paisaje podemos distinguir dos tipos de relieve: uno rugoso y alomado en la zona más cercana, y otro mucho más plano que hay abajo al fondo y que se extiende hasta el horizonte al sureste. El primero tiene como sustrato a los granitos y gneises del Sistema Central y el segundo tiene como sustrato a los sedimentos que rellenan la Cuenca de Madrid. Entre las dos zonas se encuentra la falla que pasamos al dejar la parada 1, y que se puede ver y tocar en la parada 4 del itinerario geológico por el suroeste de la Comunidad de Madrid.

Este mirador sirve de punto de partida y llegada para un recorrido a pie por la Ruta de los Arribes. Esta ruta forma parte del uso recreativo de las vías pecuarias, que también son un importante componente del patrimonio natural y cultural de la zona.



Figura 15: Panel explicativo del relieve que hay hacia el nordeste del mirador de Zarzalejo.

## Parada 4

### Lugar

Canteras de pórfido granítico en Pajares, junto a la estación de Zarzalejo.

### Acceso

Retomamos la carretera M-533 bajando a Pajares, donde se encuentra la estación de tren de Zarzalejo. Antes de salir del pueblo aparcamos cerca del pequeño parque alargado paralelo a la carretera que hay a la izquierda y andamos por el camino que sale de la parte baja del parque. Por este Camino del Prado podemos acceder a las canteras, pasar al lado de las antiguas casas de las explotaciones y después bajar por las calles entre las casas del pueblo para volver al vehículo (ver la foto aérea en la Figura 16).



Figura 16: Esquema de acceso a las canteras de la Parada 4.

### Material y edad

Granito porfídico atravesado por pórfidos graníticos, del Carbonífero superior (entre 310 y 290 millones de años).



## Características

El pórfido granítico que hay en los alrededores de la estación de Zarzalejo es conocido desde hace décadas entre los coleccionistas de minerales porque contiene grandes cristales de feldespato con desarrollo casi perfecto de las caras o 'facetas del cristal'. En donde más cristales de feldespato hemos encontrado es en el entorno del pinar que hay a la derecha del Camino del Prado, antes de subir hacia las canteras.

La textura de las rocas es una propiedad que indica el tamaño, forma y distribución de los minerales. En las rocas ígneas, la textura porfídica consiste en cristales relativamente grandes dentro de una masa o matriz rocosa que tiene un tamaño de grano bastante más pequeño. A las rocas ígneas con textura porfídica también se las llama pórfidos, especialmente si están en forma de vetas, diques o filones. La roca que hay en el entorno de Pajares es un granito porfídico con vetas de pórfido granítico en el que los cristales más grandes son de feldespato (a veces hasta más de 10 cm) y los medianos de cuarzo y mica biotita. Si encuentras algún cristal de feldespato suelto fuera de la roca podrás ver que tiene una forma un poco rara, aplanada (alargada en corte) y como con picos. Es una macla, o sea, varios cristales del mismo mineral que han crecido juntos, pero no de cualquier forma, sino ordenadamente y con una simetría particular que en cristalografía se conoce como la ley de maclado. En un libro de mineralogía o cristalografía podrás encontrar la descripción y esquemas de los diferentes tipos de maclas que hay aquí (la mayoría son maclas de Karlsbad, pero también puede haber otras). El cuarzo del pórfido granítico, en cambio, suele estar en forma de cristales bipiramidados hexagonales, o sea, que cada grano de cuarzo es un solo cristal con la forma de dos pirámides de seis lados unidas por la cara hexagonal. Los cristales de mica biotita suelen tener la forma de prismas hexagonales aplastados (más anchos que altos) y, aunque son muy pequeños, con una lupa podrás ver que se rompen en capas paralelas, como escamas. Esta propiedad de las micas se llama exfoliación y se debe a que los átomos de la estructura cristalina de las micas están ordenados en láminas.



Figura 17: El pórfido granítico de Zarzalejo tiene cristales grandes de feldespato dentro de una matriz de tamaño de grano pequeño (Fotos: Ramón Jiménez).

## Origen

¿Cómo se forma un pórfido? La explicación más sencilla es que el magma del que procede se enfrió primero lentamente, dando tiempo a que se formen algunos cristales grandes, y luego se enfrió rápidamente, sin dar tiempo a que crecieran tanto los cristales en el resto del magma (mira la tabla que hay más adelante). El resultado es una roca dura y resistente que se suele usar para los adoquines de las calles, siempre y cuando no esté fracturada y alterada por los procesos químicos del suelo. En las canteras abandonadas y su entorno por el Camino del Prado (Figura 16), podemos ver los diferentes grados de alteración del granito porfídico, desde muy alterado y que se desmenuza con la mano (en los suelos superficiales y zonas de fracturas), hasta poco o nada alterado y, por lo tanto, muy duro y resistente (en los frentes de explotación de las canteras que profundizaron hasta la roca fresca).

Figura 18: La alteración química del granito se inicia a partir de las fracturas por las que se infiltra el agua. El resultado de la erosión es la formación de bolos, berruecos y formas redondeadas en general, como éstas que hay junto al Camino del Prado.



En cuanto a los cristales grandes del pórfido, nos permiten apreciar cómo cada mineral tiene su forma característica y lo único que necesita para crecer y desarrollar esa forma es espacio y tiempo suficientes. Lo normal en una roca ígnea de tipo plutónico, como el granito que vimos en la parada 3 de este itinerario geológico o los que se ven en otros itinerarios de esta guía, es que los cristales crezcan todos más o menos a la vez durante un enfriamiento lento y progresivo que puede durar de miles a millones de años. De este modo, la mayoría de los minerales no encuentra espacio suficiente para seguir creciendo porque chocan con los de al lado. Así, los minerales se quedan con formas raras (no geométricas), que dependen de si los cristales vecinos se encontraban más cerca o más lejos conforme crecían, y si les impedían desarrollarse más o menos libremente.

En una roca ígnea de tipo volcánico, como las que se ven en los volcanes del Campo de Calatrava (Ciudad Real) o de la Garrotxa (Gerona), el enfriamiento del magma al salir a la superficie de la Tierra en forma de lava suele ser tan rápido que no da tiempo a que crezcan bien los cristales. El resultado es que la mayoría de los cristales son de pequeño tamaño o simplemente no se llegan a formar. Si el magma se enfría muy rápidamente (horas, días) y se convierte en roca sin que dé tiempo a que se forme ningún cristal, el resultado es un vidrio volcánico. La obsidiana es un ejemplo de roca volcánica hecha toda de vidrio. El pórfido es un caso intermedio: empezaron a formarse algunos cristales que crecieron lentamente, pero después hubo un enfriamiento rápido y el resto del magma se solidificó a gran velocidad, e incluso a veces una parte no tuvo tiempo para organizarse y cristalizar, formándose un vidrio que engloba a los cristales mayores. A veces el enfriamiento rápido se produce en el interior de la Tierra, sin salir a la superficie pero a poca profundidad, y las rocas resultantes se llaman rocas filonianas o rocas subvolcánicas. Estas rocas pueden tener diferentes texturas: porfídica, aplítica,



pegmatítica, etc. En la siguiente tabla podemos ver un resumen simplificado de sus características y cómo se forman:

| Tipos de texturas en diferentes rocas de composición granítica |                                       |  |  |   |  |
|--|---------------------------------------|--|--|---|--|
| Roca:  | Granito                               | Pórfido granítico<br>Granito porfídico                                   | Aplita                                 | Pegmatita                                 | Obsidiana  |
| Tipo de textura:   | Granítica                             | Porfídica  | Aplítica                               | Pegmatítica                               | Vítrea   |
| Tamaño de los cristales:                                       | Todos medianos                        | Unos grandes y otros pequeños  | Todos pequeños                         | Todos grandes                             | Sin cristales (sólo vidrio)                          |
| ¿Cómo se formó la roca?  | Muchos cristales crecieron lentamente | Unos pocos cristales crecieron lentamente y el resto después rápidamente | Muchos cristales crecieron rápidamente | Unos pocos cristales crecieron lentamente | Enfriamiento instantáneo, sin formación de cristales |

### Por el camino

Retomamos la M-533 hacia abajo (hacia el este) y al poco tiempo cruzamos la vía del tren Ávila-Madrid. Antes de llegar a Peralejo, y si vamos bien de tiempo, es interesante acercarse a ver desde fuera una explotación de granito (Blokdegal, S.A.) que hay por el camino que sale a la izquierda, antes de llegar al km 3, nada más pasar la valla de una finca arbolada que se llama Villa Rita (mira las Figuras 16 y 19). El camino está sin asfaltar y no es transitable para autobuses ni vehículos bajos, así que lo mejor es acercarse andando o en vehículo todoterreno (aprox. 1 km en cada sentido).



Figura 19: Cantera de granito en explotación en las proximidades de Zarzalejo.

Pasado Valdemorillo y antes de llegar a la parada 5, atravesamos el límite o contacto entre el granito (homogéneo y gris claro) y el gneis glandular (bandeado por la foliación y de tonos más oscuros y cálidos). El cambio lo notaremos claramente si nos fijamos en las rocas del corte de la carretera según nos acercamos a Valdemorillo, y desde ahí hasta cerca de las urbanizaciones.

## Parada 5

### Lugar

Corte de la carretera pasado el km 26 de la carretera M-600.

### Acceso

Desde la estación de Zarzalejo (Pajares) retomamos la carretera M-533 hacia el este pasando Peralejo. En el cruce con la carretera M-600 tomamos a la derecha pasando Valdemorillo hacia Madrid. Nada más pasar el km 26 de esta carretera M-600, aparcamos en la entrada de un camino que sale a la derecha. El espacio disponible para aparcarse es escaso y sería deseable que con el tiempo se amplíe para poder visitar este excelente corte estratigráfico y punto de interés geológico de la Comunidad de Madrid. Mientras tanto, insistimos en lo de siempre: chaleco reflectante reglamentario, mucho cuidado con el tráfico, e insistir a las autoridades políticas y administrativas en lo que queremos. Otra solución para aparcarse cerca puede ser en el extremo sur de la urbanización El Mirador del Romero (mira la Figura 20), aunque el acceso es restringido y habrá que solicitarlo al guarda. El túnel que hace de aliviadero bajo la carretera es transitable a pie y permite acceder a uno y otro lado de la carretera sin riesgo a interferir con el tráfico.



Figura 20: Esquema de acceso a la Parada 5.

### Material y edad

Areniscas y dolomías del Cretácico superior (95-85 millones de años).

### Características

Entrando por el camino veremos los restos de un antiguo horno en los que se calcinaba la roca carbonática para obtener cal. El corte de la carretera lo podemos ver desde arriba, subiendo a uno de los lados, o también desde la cuneta. Como el tráfico en esta carretera es bastante intenso, para cualquier maniobra arriesgada que hagamos con el vehículo y

para el acceso a la cuneta deberemos llevar siempre chaleco reglamentario y tener alguna persona encargada de avisar.



Figura 21: Entrada al horno en el que se aprovechaban las rocas carbonáticas del Cretácico superior para obtener cal.

La carretera corta capas de dolomía, arenisca y arena en un tramo de más de cien metros. Deberemos fijarnos en el tamaño de grano, composición, grado de consolidación y resistencia de las rocas a la erosión.

### **Origen**

Las dolomías y arenas se depositaron hace más de 80 millones de años, en el Cretácico superior. Evidentemente, el paisaje de entonces era completamente diferente: la zona estaba ocupada por amplias playas y marismas, con un mar somero y cálido bajo clima tropical. En la lejanía, más de cien kilómetros hacia el oeste, se verían pequeños relieves que quedaban de la erosión de una cordillera antigua, y hacia el este, el ancho océano. En este tipo de ambiente se acumularon las arenas procedentes del lejano oeste, removilizadas por el oleaje y las mareas del océano que llegaba hasta aquí. Por eso los granos de arena son de tamaño pequeño y bastante bien redondeados en comparación con los de la parada 1.

A lo largo de una larga y estrecha franja paralela a la falla que limita el Sistema Central de la Cuenca de Madrid hay algunos afloramientos de este Cretácico marino. Las dolomías que se ven son muy resistentes a la erosión, pues están bien cementadas. Esto es lo que hace que sean frecuentemente utilizadas en las construcciones urbanas, y que originen relieves como los que vemos en esta parada. La dolomía y la caliza están hechas respectivamente de dolomita y de calcita, dos minerales de carbonato que pueden ser lentamente disueltos por el agua. Al disolverse estas rocas va quedando un residuo formado por componentes insolubles en agua, como arcillas, cuarzo, etc. Otra característica de las rocas carbonáticas es que no suelen ser porosas como las arenas o areniscas (con poros entre los granos), así que no pueden retener el agua de lluvia o de escorrentía, que inmediatamente se infiltra por las fracturas. Además, el agua que las



disuelve se vuelve gorda (dura), y todo esto hace que la vegetación tenga que estar especialmente adaptada. El cantueso, la jara pringosa y otras especies frecuentes en las rocas silíceas (granitos y gneises) que hemos visto por la Sierra de Guadarrama hasta aquí, son sustituidas por espliego, romero, tomillo y otras especies mejor adaptadas a los suelos calcáreos más pobres y secos.



Figura 22: El corte estratigráfico del Cretácico superior de Valdemorillo constituye uno de los principales puntos de interés geológico del oeste de la Comunidad de Madrid, es parte importante de su patrimonio geológico, y un claro indicador de la geodiversidad de esta región.

Aunque las dolomías y las calizas suelen ser rocas duras y resistentes a la rotura y a la erosión mecánica, pueden erosionarse por disolución. Cuando esto ocurre, se forman cuevas en el interior del terreno y también depresiones (torcas), cañones y formas de lo más variadas en la superficie, como la conocida Ciudad Encantada. En resumen, se forma un paisaje muy característico que se llama karst. El nombre viene de la región de Karst, situada en entre Italia, Eslovenia y Croacia, una región caliza que presenta muchas de estas morfologías. El paisaje kárstico de la zona de Valdemorillo no está muy desarrollado porque las dolomías tienen poco espesor. En cambio, en la banda de rocas del Cretácico que se extiende desde Guadalix y Venturada por Torrelaguna hasta Valdepeñas de la Sierra sí existen buenos ejemplos de cuevas y otras formas kársticas (mira la parada 3 del itinerario geológico por el norte de la Comunidad de Madrid).

### **Por el camino**

Retomando la carretera M-600 en dirección a Madrid, abandonamos el dominio del Sistema Central y entramos en la Cuenca Miocena de Madrid. La franja de rocas del Cretácico hace de límite en esta zona de cambios importantes en el paisaje, pasando de los granitos y los gneises del Paleozoico, que son rocas ígneas y metamórficas poco permeables y resistentes a la erosión, a las arenas y gravas del Cenozoico, que son mucho más blandas y permeables. En consecuencia, cambia la vegetación, cambian los usos de suelo y el relieve se vuelve alomado.

## PARA SABER MÁS

### Mapas geológicos

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

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

Los mapas geológicos a escala 1:50.000 que corresponden a este itinerario son las hojas 532 (Navas del Marqués), 533 (El Escorial) y 558 (Majadahonda). Cada mapa geológico y geomorfológico junto con su memoria explicativa puedes comprarlo en la tienda del IGME (Servicio de Publicaciones), en la calle Cristóbal Bordiú 34, 28003 Madrid, teléfonos 913495730 y 913495750, de lunes a viernes y solo por las mañanas de 9:00 a 13:00. Más información en <http://www.igme.es>

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

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

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

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

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

### Fotos aéreas e imágenes de satélite

La Comunidad de Madrid ofrece buenas fotos aéreas de diferentes fechas, disponibles en: <http://gestiona.madrid.org/nomecalles/> Si cambiamos la base de datos de fotos aéreas que se utiliza de fondo y comparamos las fotos de diferentes años podremos identificar los cambios que ha sufrido una zona desde 1956 hasta la actualidad. Algunas de ellas las hemos utilizado en esta guía para que puedas ver los cambios producidos por los procesos geológicos activos en las últimas décadas.

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 2004, con imágenes georeferenciadas (ortoimágenes con coordenadas) y hasta una escala de 1:5.000. Está disponible en: <http://www.trescantossa.com/navegar/>

Las fotos aéreas en blanco y negro (grises) del Sistema de Información Geográfica Oleícola también se pueden consultar y están disponibles a través de la página web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en: [http://w3.mapya.es/dinatierra\\_v3/](http://w3.mapya.es/dinatierra_v3/)

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

## 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 (ver la Figura XX). Se llama abanico aluvial al que se forma por corrientes fluviales y aluviones procedentes de relieves montañosos. También existen abanicos submarinos.

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

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

**Arcosa:** arenisca rica en feldespatos y con menos de un 75% (3/4) de granos de cuarzo.

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

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

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

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

**Calcita:** mineral compuesto de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) con estructura cristalina trigonal.

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

**Carbonato:** compuesto químico o mineral en el que el anión principal es (CO<sub>3</sub>)<sup>2-</sup>.

**Carbonático:** que contiene carbonato en proporción elevada.

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

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

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

**Cristal:** forma de un mineral. Cuando tiene espacio para crecer, refleja la estructura cristalina 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 que se utilizaba hasta hace poco para referirse al tiempo transcurrido desde hace 1,8 millones de años hasta la actualidad, equivaliendo al Pleistoceno y Holoceno. También hace referencia a las rocas formadas durante ese tiempo. Actualmente, el término Cuaternario ha sido eliminado de la escala del tiempo geológico según la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas (IUGS, 2004).

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Glauberita:** mineral compuesto por sulfato de sodio y calcio con estructura cristalina monoclinica.

**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, hasta hace poco se utilizaba el término Cuaternario, pero este término ha sido recientemente eliminado de la escala del tiempo geológico según la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas (IUGS, 2004).

**Inselberg:** cerro aislado residual (o sea, lo que queda después de erosionar lo que hay alrededor) que se eleva de manera abrupta en un área de relieve más o menos plano. Es típico, aunque no exclusivo, de climas tropicales áridos y semiáridos, y por lo tanto nos da información sobre el paleoclima.

**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).

**Limolita:** roca sedimentaria detrítica compuesta por granos de tamaño limo.

**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.

**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:** granito con bajo contenido en cuarzo y generalmente de color gris oscuro .

**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 que actúan en los márgenes de las placas tectónicas durante su colisión para formar un sistema montañoso.

**Orógeno:** sistema montañoso formado por la colisión entre placas tectónicas. El Orógeno Varisco (antes también llamado hercínico) es el sistema montañoso en que se formaron gran parte de las rocas ígneas y metamórficas del Sistema Central en el periodo Carbonífero. El Orógeno Alpino es el sistema montañoso en que se formaron los relieves actuales del Sistema Central y otras partes del sur de Europa en el Cenozoico.

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

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

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

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

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

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

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

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

**Pleistoceno:** penúltima época del periodo Neógeno de la era Cenozoica, y que corresponde al tiempo transcurrido desde hace 1,8 millones de años hasta hace 11.500 años. También hace referencia a las rocas formadas durante ese tiempo. Para agrupar al Pleistoceno y Holoceno, hasta hace poco se utilizaba el término Cuaternario, pero este término ha sido recientemente eliminado de la escala del tiempo geológico según la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas (IUGS, 2004).

**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.

**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 cristaliza todo el magma y en su lugar se forma vidrio.

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

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

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

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



## BIBLIOGRAFÍA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ubanell, A.G., Pedraza Gilsanz, J., Centeno Carrillo, J.D., González Alonso, S., Sánchez Palomares, O., Carretero Carrero, P. y Martínez Alfaro, P.E. (1987). **Mapa litológico de Madrid (calidades de las rocas)**. Consejería de Agricultura y Ganadería, Comunidad de Madrid. 48 p.  
*Libro interesante por su carácter práctico. Es de donde hemos tomado prestado y modificado el mapa geológico general de la Comunidad de Madrid en esta guía.*

Zarzuela Aragón, J. (2006). **Excursiones para niños por la Sierra de Madrid**. Ediciones La Librería, Madrid, 5ª edición, 335 p.  
*Una guía con 40 paseos de diferente dificultad y (lo mejor de todo) llenos de sugerencias de actividades para hacer con los niños en la naturaleza. Cada paseo incluye una descripción de zonas de parada y esparcimiento, itinerarios opcionales o complementarios, valores ambientales y aspectos culturales destacables, modo de acceso, etc. Algunos paseos coinciden con paradas de este itinerario. La primera edición del libro es de 2003.*

## Sobre la geología de España

Comba, J.A. (coordinador) (1983). **Geología de España**. Libro Jubilar J.M. Ríos. Tomos I y II. I.G.M.E., Madrid, 656 p. + 752 p.  
*Hasta que se publicó el libro editado por J.A. Vera en 2004 sobre el mismo tema, esta fue la principal fuente de información recopilatoria sobre la geología de España. Es interesante contrastar con el nivel de conocimientos de hace más de 20 años.*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*Este libro describe con abundantes ilustraciones los principales rasgos de la geología de España. Viene acompañado de un mapa geológico y un mapa tectónico de España a escala 1:2M, además de un CD que incluye todas las figuras del libro y otras figuras e imágenes complementarias, la base de datos bibliográfica (ideal para poder hacer búsquedas) y los mapas mencionados. Se trata de una recopilación exhaustiva del estado del conocimiento sobre la geología de España, con una visión moderna y actualizada. Es una obra colectiva, rigurosamente redactada por algunos de los mejores geólogos de nuestro país, muy útil para el investigador y profesional de la geología, el estudiante avanzado y el profesor de enseñanza media y superior. Sin embargo, puede resultar excesivamente técnico y especializado para el aficionado, por lo que **para el público no iniciado recomendamos el libro de Ignacio Meléndez (Geología de España. Una historia de 600 millones de años)**.*

## Sobre geología general

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

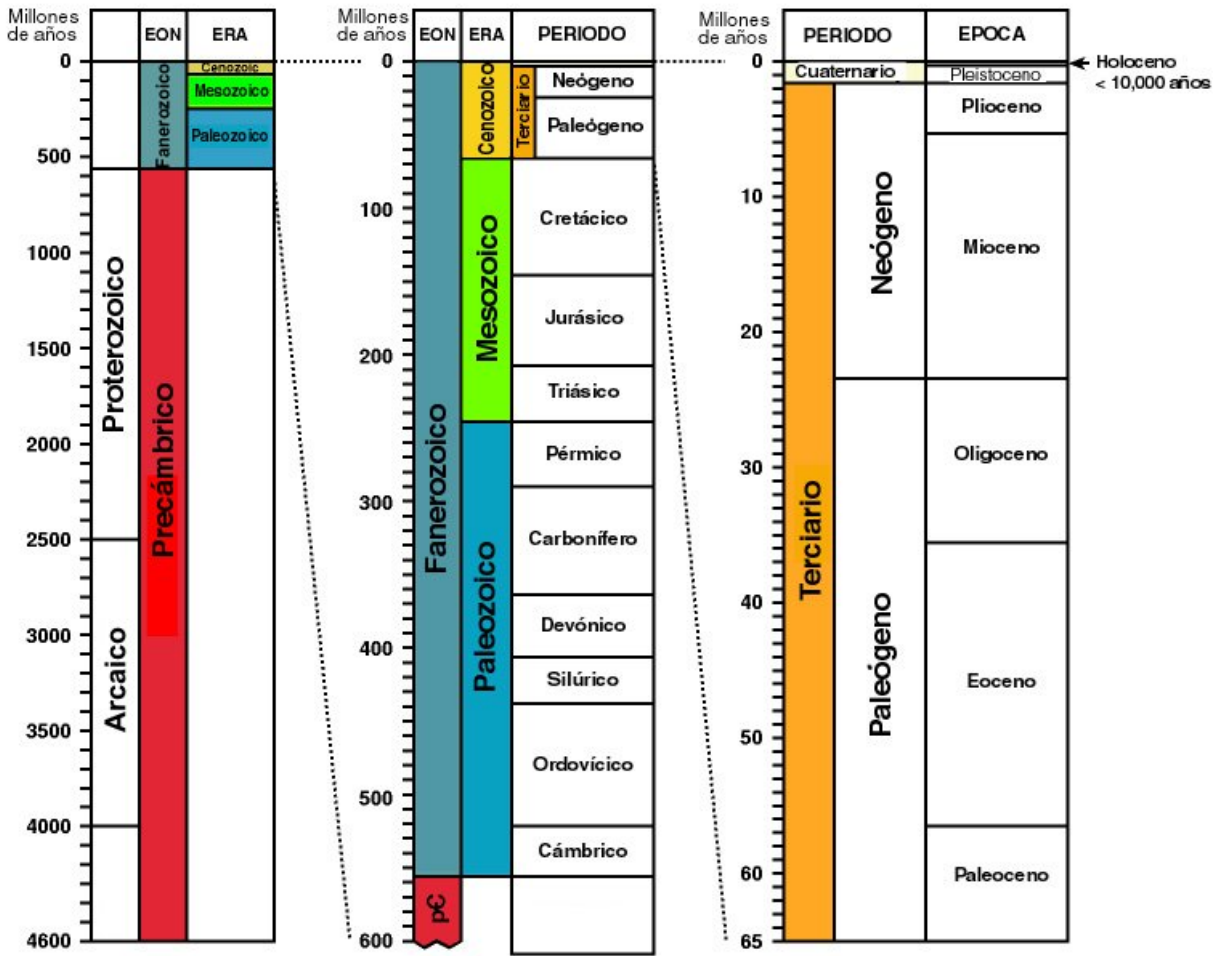
*Libro de texto a nivel universitario que puede servir a los más interesados para actualizar sus conocimientos sobre estratigrafía, sedimentología y otros aspectos relacionados.*

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

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

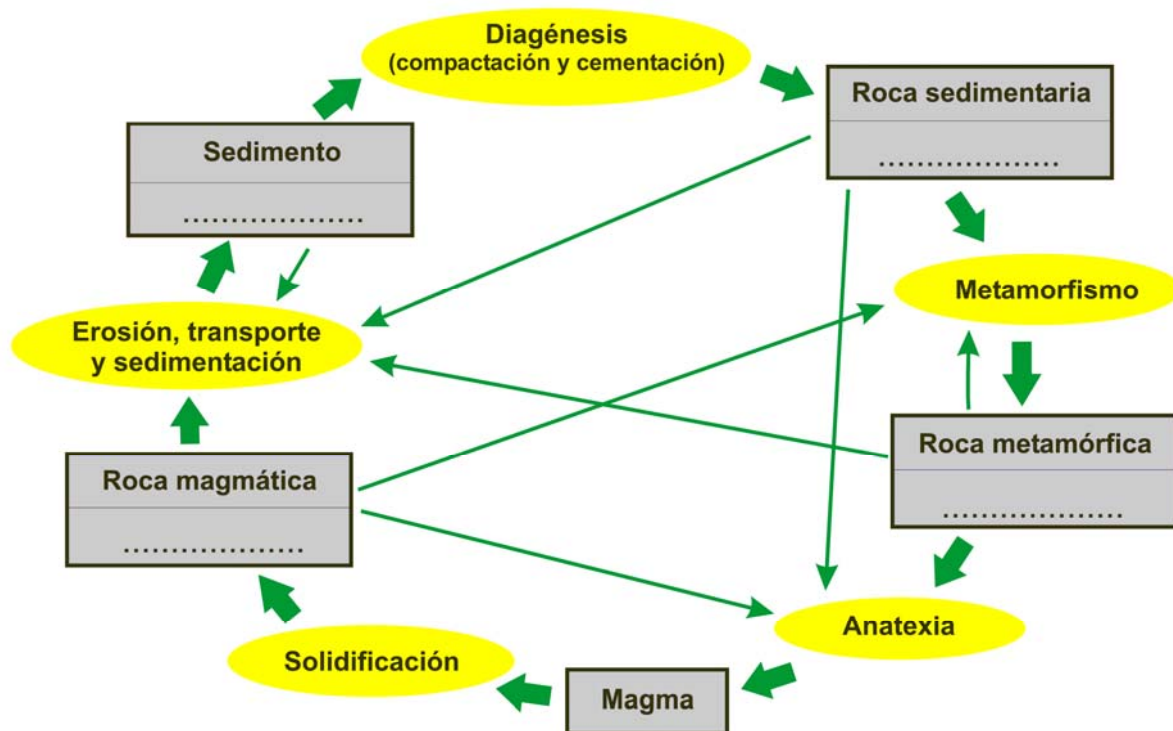


# Escala del tiempo geológico



## FICHA PRÁCTICA: EL CICLO DE LAS ROCAS

Cuando acabe la excursión, deberías ser capaz de rellenar los huecos de esta figura con ejemplos que veremos a lo largo del recorrido:



Si necesitas ayuda, pregunta a los guías. También puedes ver el glosario en las páginas 29 a 32.

