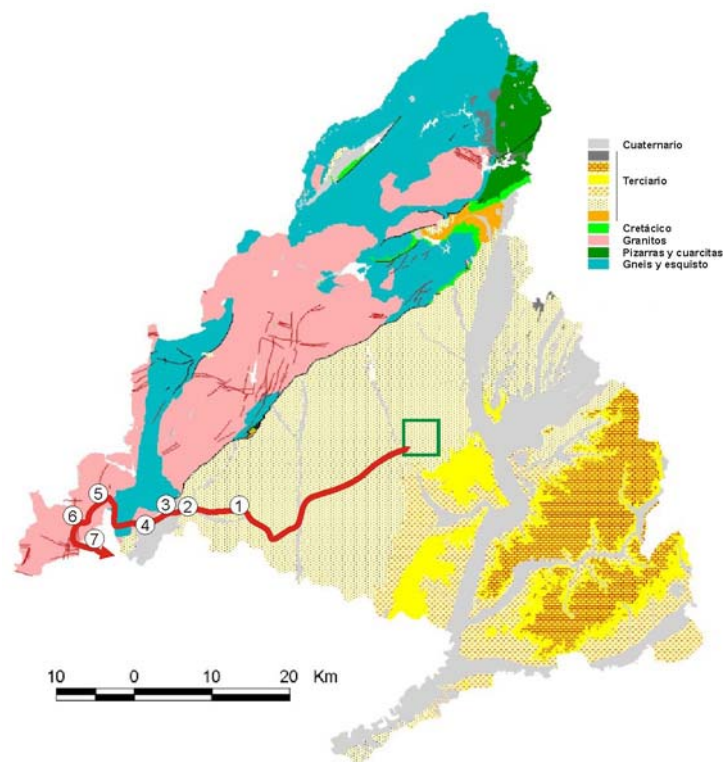


# Paseos por la Geología Madrileña. 3

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



Enrique Díaz Martínez  
*Instituto Geológico y Minero de España*



2006

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

**Enrique Díaz Martínez**

Dirección de Geología y Geofísica  
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 VI Semana de la Ciencia (7 de Noviembre de 2006). Este itinerario 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 oeste 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, 2006  
© Instituto Geológico y Minero de España, 2006

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

- Comunidad de Madrid: <http://gestiona.madrid.org/nomecalles/>
- 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 suroeste de la Comunidad de Madrid

## Paseos por la Geología Madrileña, no. 3

Esto que tienes en tus manos es la guía de campo para realizar un paseo por la geología del suroeste 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.



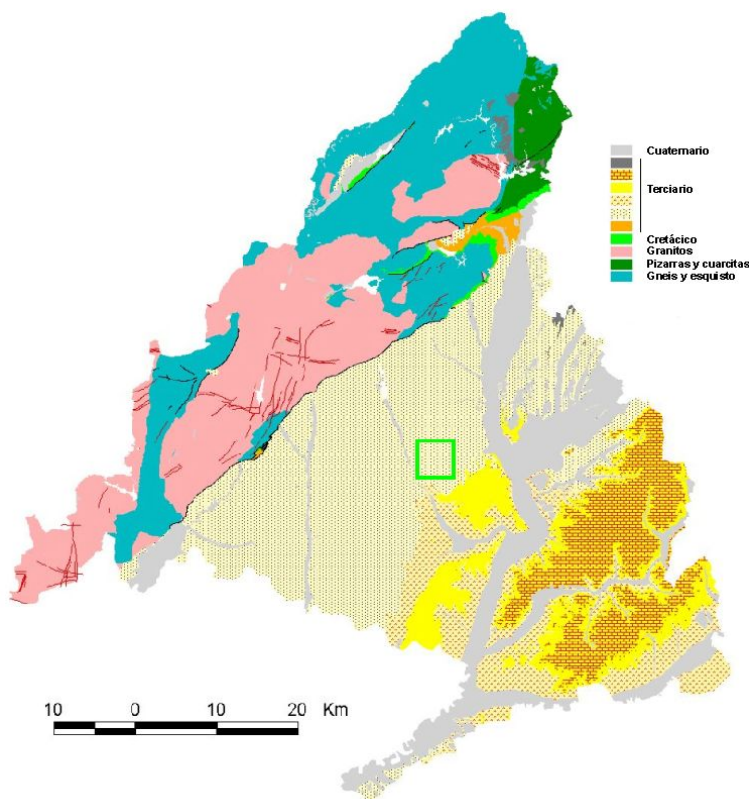
Figura 1: El paisaje, la vegetación, el relieve, los usos del suelo... siempre tienen una explicación relacionada con el sustrato geológico. En la imagen, berruecos formándose por erosión del granito previamente alterado, cerca de El Berrueco (Madrid).

## 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	23
Parada 5	26
Parada 6	31
Parada 7	34
Mapas geológicos y fotos aéreas	38
Glosario	39
Bibliografía	43
Escala del tiempo geológico	46

## 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),

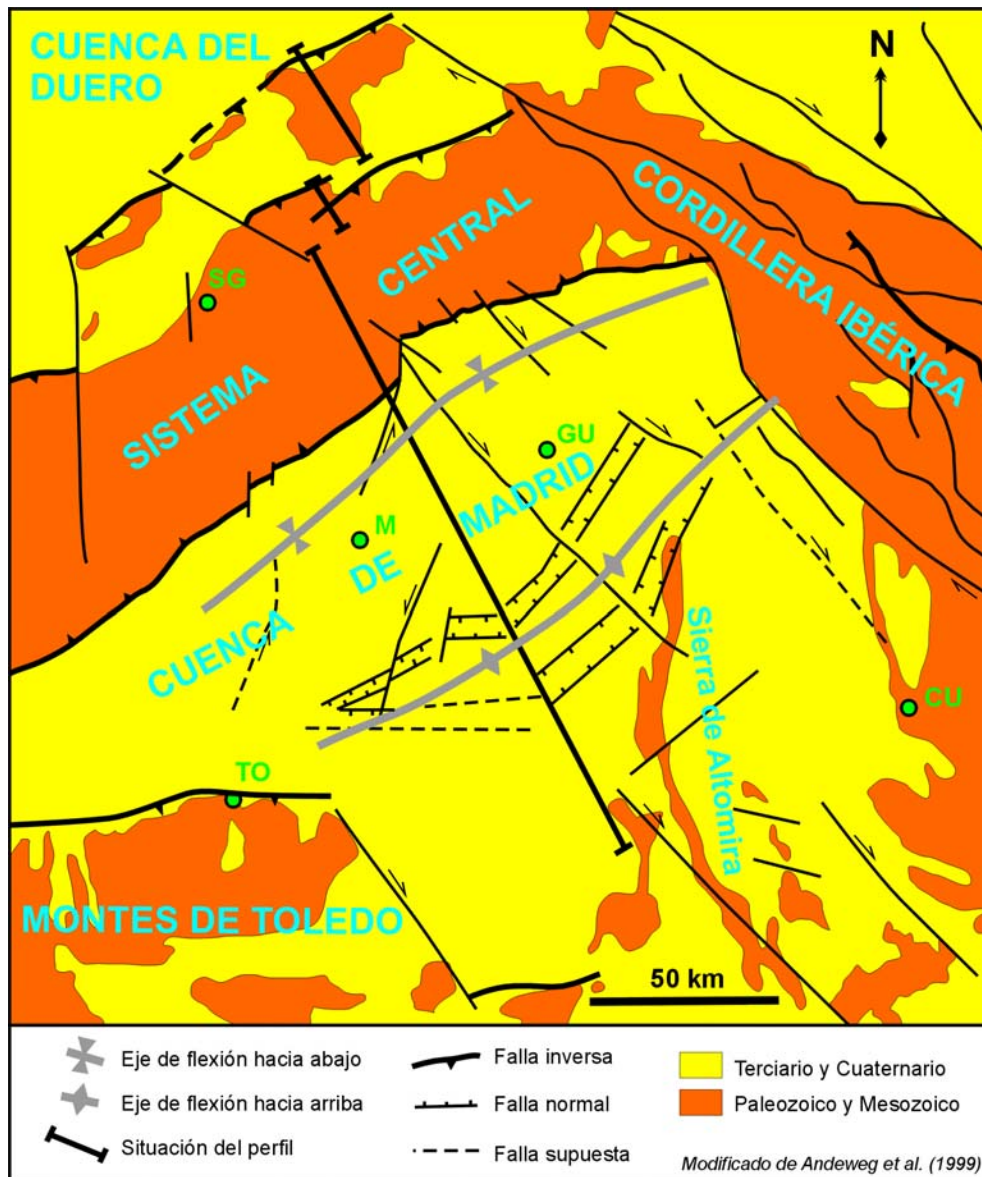


Figura 3: Mapa simplificado de las principales estructuras tectónicas que afectan a la corteza terrestre en la zona central de la Península Ibérica. Las siglas se refieren a las capitales de provincia.

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.

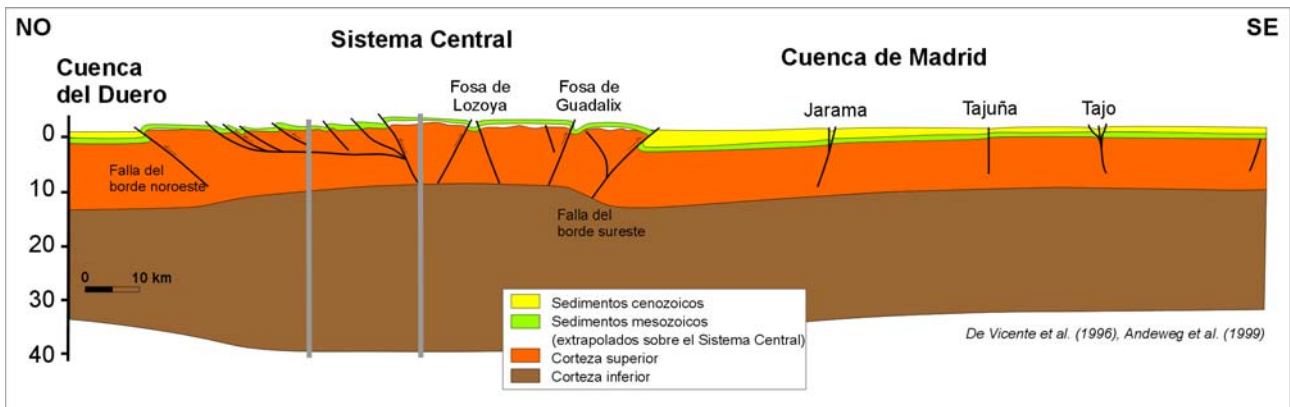


Figura 4: Corte geológico esquemático mostrando la estructura interna de la corteza terrestre en la zona central de la Península Ibérica. La situación del corte está indicada en la Figura 5.

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

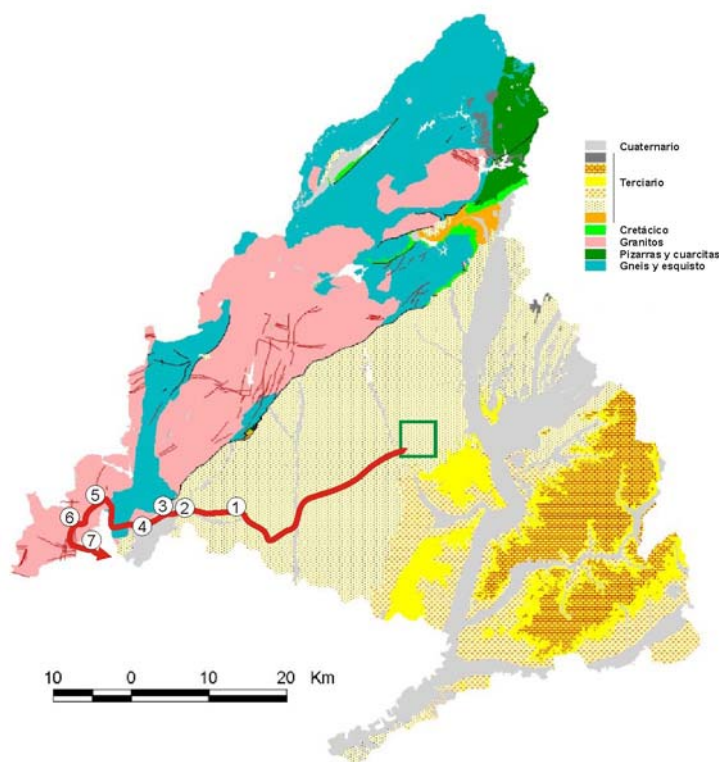


Figura 5: Mapa geológico simplificado de la Comunidad de Madrid, indicando las paradas descritas en esta guía.

Salimos de Madrid por la Autovía de Extremadura (A-5) hasta Navalcarnero, donde nos desviamos por la M-600 para enseguida tomar la M-507 hacia Aldea del Fresno. Después de un pequeño desvío hacia Las Picadas, retomamos la M-507 pasando Villa del Prado. Al llegar a la N-403, la tomamos hacia el norte en dirección a San Martín de Valdeiglesias, y al poco la M-541 a la izquierda hacia Cadalso de los Vidrios y Cenicientos. En éste último pueblo tomamos la M-544 (CM-544, TO-9400) hasta Escalona, donde termina el itinerario. Desde aquí tomamos la N-403 a la derecha (hacia el sur) para volver a Madrid por Maqueda, tomando la A-5 a la altura del km 73. La longitud aproximada de todo el recorrido en vehículo es de algo más de 200 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 5 cuentan con suficiente espacio para aparcar varios coches o un autobús. Sin embargo, en las paradas 3, 4 y 7 el espacio es más limitado y hará falta maniobrar. Por favor, 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. La parada 6 constituye una excepción, pues la única alternativa que tenemos es parar en el ensanchamiento del arcén. En casos como éste, y hasta que desde algún organismo de la Administración tomen la decisión de facilitar el acceso y aparcamiento, 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 3, 4 y 7 haya una persona con chaleco para



facilitar la labor y evitar cualquier riesgo. Además, debemos tener mucho cuidado en las paradas 2 y 7, en las que hay que cruzar la calzada para poder ver los afloramientos, intentando siempre permanecer el mínimo tiempo sobre el firme o el arcén, y salirse directamente a la cuneta cuanto antes.

## Geología del itinerario

Descripción de los aspectos geológicos generales de este recorrido

En la Figura 5 puedes situar el recorrido y las paradas de las que consta el itinerario geológico por el suroeste de la Comunidad de Madrid, indicadas con números del 1 al 7 según el orden en el que deben realizarse. Lo mejor sería poder hacer tres o cuatro paradas por la mañana y tres o cuatro por la tarde, comenzando en Villa del Prado, en los pinares de Cadalso o en el mismo Cadalso de los Vidrios. Si hacemos el recorrido en verano (días más largos) y 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 haya que suspender la última.

Periodo geológico		Edad (Ma)	Tipo de sedimentos o rocas	Parada
<b>CENOZOICO</b>	<b>Cuaternario</b>		Gravas, arenas y limos fluviales ← Cuenca exorreica Cuenca endorreica →	2 y 3
	<b>Neógeno</b>	<b>Plioceno</b>		
		<b>Mioceno</b>		
		23		
<b>PALEOZOICO</b>	<b>Pérmico</b>	250	Granitos, aptitas y pegmatitas	4, 5, 6 y 7
	<b>Carbonífero</b>			
	<b>Devónico</b>	435	Gneises	(entre 4 y 5)
	<b>Silúrico</b>			
<b>Ordovícico</b>				
	<b>Cámbrico</b>			

Figura 6: Esquema con los tipos de rocas y sedimentos que se pueden ver en cada parada, y su edad aproximada.

En este itinerario las primeras tres paradas son para observar sedimentos depositados durante el Cenozoico, hace pocos millones de años, y las otras cuatro son para ver rocas más antiguas formadas durante la Orogenia Varisca en el Paleozoico, hace muchos millones de años (mira la escala geológica que hay al final de esta guía). En este recorrido veremos buenos ejemplos de las principales rocas y sedimentos del suroeste de la Comunidad de Madrid, así como las formas del relieve que resultan de su erosión y del depósito de sedimentos recientes:

**Sedimentos:** En las paradas 1, 2 y 3 veremos sedimentos sin consolidar y de diferente tamaño de grano (arcilla, limo, arena y grava). Aunque algunos de ellos se depositaron hace más de 10 millones de años, no se han llegado a consolidar para convertirse en roca y podemos desmenuzarlos con la mano. Los sedimentos del Mioceno forman el sustrato de una amplia franja de terreno próxima a la Sierra y orientada de suroeste a nordeste. Mira la Figura 5 y verás que esta franja incluye también la mitad noroeste de la ciudad de Madrid. Otros sedimentos que veremos son los del río Alberche, que son más recientes (del 'Cuaternario') y están relacionados con los cambios en la dinámica fluvial.

**Rocas metamórficas:** Entre las paradas 4 y 5 atravesaremos una zona con esquisto y gneis (rocas metamórficas de medio y alto grado). No hemos planificado ninguna parada

'oficial' para ver estas rocas debido a las dificultades de estacionamiento y porque alargaría la duración total del recorrido. Si decides parar, recuerda que te quedará menos tiempo para ver el resto y que deberás tener mucho cuidado con el tráfico. Otra alternativa es hacer el itinerario en dos días, con más calma. Cuando veas estas rocas metamórficas conviene que te fijes en el tamaño de las micas, visibles a simple vista en los gneises y que son algo más pequeñas en los esquistos. También debemos fijarnos en la forma de los planos de rotura (fisuras) de la roca, para diferenciar la esquistosidad (marcada por la orientación de las micas) y las diaclasas (planos de fractura que cortan la esquistosidad). Estos gneises son unas de las rocas más antiguas de la Comunidad de Madrid (¡más de 400 millones de años!).

**Rocas magmáticas plutónicas:** En las paradas 5, 6 y 7 veremos diferentes tipos de rocas graníticas formadas al solidificarse el magma a varios kilómetros de profundidad. Para diferenciar los distintos tipos de granito y sus texturas debemos fijarnos en el tamaño, forma y composición de los minerales que lo forman. El granito se utiliza frecuentemente en edificios y construcciones por su resistencia a la rotura. A lo largo del recorrido veremos ejemplos de su utilización, como el puente de Aldea del Fresno, la iglesia de Villa del Prado y las casonas palaciegas de Cadalso o Cenicientos. También veremos buenos ejemplos de las formas del relieve que resultan de su erosión natural.

## Parada 1

### Lugar

Taludes junto a la carretera M-507, entre Navalcarnero y Villamanta.

### Acceso

Pasado el km 32 de la A-5 tomamos la Salida 32 (a Navalcarnero, Aldea del Fresno y Brunete), que nos sitúa en la M-600. En la siguiente rotonda vamos hacia Aldea del Fresno y Villamanta por la M-507. Cerca del km 6 de esta carretera se encuentra una gasolinera a la derecha en la que podemos parar a comprar pan y bebidas para la comida. Al poco de pasar la rotonda (ver foto aérea de la Figura 54) y a la altura del km 7, a la derecha hay una pequeña vía de servicio sin asfaltar en la que debemos aparcar.



Figura 7: Esquema de situación de la parada 1.

### Material y edad

Arcosa y grava (conglomerado) del Mioceno inferior y medio (entre 20 y 10 millones de años).

### Características

Se trata de un sedimento arenoso poco consolidado, prácticamente sin cementación, lo que le hace deleznable y fácilmente erosionable por los agentes atmosféricos (¡y por las excavadoras que hicieron el talud!). En algunas partes la proporción de arcilla y limo es mayor y por eso tiene mayor cohesión. Si nos fijamos en el corte del talud (ver la Figura 8), de abajo a arriba se pueden observar variaciones en la tonalidad y en el tamaño de los granos: son los estratos geológicos. Nos indican la acumulación sucesiva de diferentes capas a lo largo del tiempo: las más antiguas abajo y las más recientes arriba.



Figura 8: En el talud de la parada 1 vemos los sedimentos arenosos (arcosas) con grava que forman una gran parte del relleno de la Cuenca de Madrid.

Si miramos el sedimento en detalle, preferiblemente con una lupa, veremos que está formado por granos de arena de composición variable, forma más o menos redondeada, y tamaño bastante grueso para ser una arena. Los geólogos clasifican los sedimentos con granos mayores de 2 mm como grava. Cuando estos granos de varios centímetros son muy abundantes, están cementados y tienen formas redondeadas, entonces a la roca se le llama conglomerado. En el talud del corte de la carretera podemos ver que, en algunos casos, el tamaño de las piedras más grandes sobrepasa los 40 cm.

La composición de los granos de arena es fundamentalmente de cuarzo, feldespato y mica. El cuarzo se caracteriza por ser translúcido y de tonos grisáceos, los feldespatos son opacos y de tonos blanquecinos, y las micas son brillantes y aplanadas, unas veces blancas (moscovita) y otras negras (biotita).

### **Origen**

¿De dónde vienen estos minerales? 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 que hay dispersos en la arcosa 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 y húmedo que el actual, la vegetación era diferente (sabana tropical) y el relieve estaba formado por grandes abanicos aluviales, es decir, amplias llanuras con suaves pendientes que bajaban desde las montañas situadas al oeste dirigiéndose hacia unos lagos situados más al este. Los depósitos de estos lagos equivalentes e edad a lo que vemos aquí se pueden ver en el itinerario geológico por el sureste de la Comunidad de Madrid.



Figura 9: Aspecto de detalle del sedimento arenoso con grava de la parada 1, incluyendo cantos de diferentes composición: feldespato, cuarzo, granito, etc.

### **Por el camino**

Una vez terminada la visita a este afloramiento, nos incorporaremos a la carretera hacia el oeste en dirección a Aldea del Fresno, pasando por Villamanta. Los muy interesados y con más tiempo disponible pueden visitar un afloramiento de la misma edad que el que acabamos de ver, pero con los cantos mucho más grandes, algunos de más de un metro de diámetro. Para ello, en la rotonda que hay a la salida de Villamanta, hay que tomar a la derecha hacia Villamantilla. Más o menos a un kilómetro y a la derecha de la carretera está el afloramiento de estas gravas y arenas con piedras enormes. Evidentemente, no fueron transportadas por ríos como los actuales, sino que son el resultado de lo que los geólogos llamamos 'flujo de detrito' o 'flujo de derrubios', un tipo de transporte especial del sedimento en el que los cantos se mezclan con lodo y agua formando una masa viscosa que fluye pendiente abajo. Estos sedimentos con un tamaño de grano tan grande nos indican que el área fuente de los materiales se encontraba cerca, hacia el noroeste y que formaban parte de un gran abanico aluvial que tenía su origen (ápice) por la zona de Las Picadas, desde donde se distribuía el sedimento hacia la Cuenca de Madrid durante el Mioceno.

## Parada 2

### Lugar

Aparcamiento junto a la carretera M-507 cerca de su confluencia con la M-610, junto al río Alberche y el Puente de la Pedrera.

### Acceso

Pasando Aldea del Fresno en dirección a Villa del Prado por la M-507, y antes de llegar al cruce con la M-610 que va a Mérida, nos salimos de la carretera a la derecha en una zona de descanso con aparcamientos cubiertos donde debemos dejar el vehículo. Es posible que cobren la entrada al aparcamiento en épocas de gran afluencia de visitantes (verano y fines de semana).



Figura 10: Esquema de situación de la parada 2.

### Material y edad

Arcosa y grava (conglomerado) del Mioceno inferior y medio (entre 20 y 10 millones de años) y depósitos de arenas y gravas del Holoceno del río Alberche (últimos miles de años).

### Características

El talud oriental de la carretera próximo al aparcamiento y al cruce con la M-610 está excavado en arenas arcósicas con abundantes cantos de grava. Si cogemos algo de sedimento de lo que cae por la pendiente al pie del talud y lo miramos en detalle (a simple vista o con una lupa de bolsillo) veremos que está hecho de granos de cuarzo y feldespato, con abundante arcilla y limo, lo cual le da cohesión y su característico color marrón-anaranjado. Además, se pueden ver micas y otros granos de difícil identificación (fragmentos de roca, minerales raros, etc.).



Figura 11: En el talud de la parada 2 vemos los sedimentos arenosos (arcosas) y gravas que forman una gran parte del relleno de la Cuenca de Madrid.

En el lado occidental de la carretera podemos ver los depósitos fluviales recientes del río Alberche. Se trata de un tramo tranquilo de su recorrido en el que el río forma grandes meandros a la salida del Sistema Central. Esta ribera es conocida como la playa del Alberche por la abundancia de arenas y aguas someras (¡y bien frías!) donde tradicionalmente acudía la población de Madrid para refrescarse en verano.

### Origen

Las arcosas del talud de la carretera se depositaron en el Mioceno. El cambio de relieve y de pendiente que existía entonces entre el Sistema Central al oeste y la Cuenca de Madrid al este hizo que se depositaran los materiales erosionados de la Sierra en una gran abanico aluvial que se extendía en un radio de decenas de kilómetros (incluyendo los sedimentos que vimos en la parada 1), hasta una zona con lagos que había hacia el este, más allá de Navalcarnero (ver el itinerario geológico por el sureste). Igual que en la parada anterior, vemos que el sedimento no está clasificado (ordenado) según su tamaño de grano, como suelen estarlo los depósitos de río: arenas por un lado y gravas por otro. Lo lógico es que al disminuir la velocidad de una corriente de agua se deposite primero el sedimento más grande y pesado, y después lo más pequeño y ligero. En cambio, entre las arenas se observan piedras y cantos grandes dispersos. ¿Cómo pudo el agua transportar y depositar al mismo tiempo ambos? La explicación está en el tipo de transporte: el sedimento no fue arrastrado y depositado por una corriente de agua, sino que se trata de un tipo especial de transporte llamado 'transporte en masa por gravedad'. Explicado de forma sencilla, consiste en el transporte de todo el sedimento a la vez, del tamaño que sea, y que se mueve sin que sea empujado por el agua, el hielo o el aire, sino sólo debido a la fuerza de su propio peso, es decir, la fuerza de la gravedad. Se trata de una mezcla de arena, grava, arcilla, limo y agua, una especie de argamasa fluida y viscosa que se forma cuando las lluvias torrenciales arrastran todo tipo de materiales y el resultado fluye pendiente abajo en forma de flujo de detrito o flujo de derrubios. Este tipo de depósitos suelen ser frecuentes en los abanicos aluviales y especialmente en la proximidad de sistemas montañosos, como es el caso.





Figura 12: El Puente de la Pedrera fue construido a finales del siglo XVIII de granito y ladrillo en una zona donde el río Alberche se reorienta hacia el sur en dirección al río Tajo. La dinámica fluvial hace que de un año para otro pueda cambiar la posición del canal activo. Compara esta foto del mes de Diciembre de 2005 con lo que ves en tu visita.

En cuanto a las arenas y gravas que vemos en el cauce actual del río Alberche, son el depósito que quedó después de la última avenida y que el río va retrabajando después, poco a poco, según el cauce activo va cambiando de lugar dentro de la llanura fluvial. Lo que vemos ahora es sólo una foto instantánea de la evolución del río, diferente a la que podíamos haber visto hace tan sólo unos años (ver las Figuras 12 y 16). No debemos olvidar que los ríos son sistemas dinámicos, en continua búsqueda de un equilibrio que nunca alcanzan. Al mismo tiempo, el río se comporta como una gran 'cinta transportadora', llevando el sedimento hacia el mar. A lo largo de miles y miles de años, la mayor parte del sedimento pasa de largo y sólo una pequeña parte tiene la 'suerte' de quedarse en forma de terraza u otro tipo de depósito fluvial. Se llama terraza a la forma del relieve más o menos plana que el encajamiento progresivo del río deja elevada a un lado del valle como si fuera la terraza de un mirador. Las terrazas altas se encuentran a una altura relativamente elevada sobre el cauce actual y suelen estar formadas por depósitos más antiguos que los de las terrazas bajas, próximas al cauce activo. En la siguiente parada veremos una de estas terrazas antiguas con más detalle.



Figura 13: Graveras de explotación de los depósitos fluviales (terrazas bajas) del río Alberche, a la derecha entre las paradas 2 y 3.

**Por el camino**

Una vez terminada la visita, nos incorporaremos a la carretera M-507 hacia el suroeste en dirección a Villa del Prado. En el tramo hasta la siguiente parada, la carretera sube una pendiente escalonada que atraviesa sucesivas terrazas del río Alberche en uno de sus grandes meandros. Cuanto más arriba está el depósito que forma la terraza, más antiguo es. En la subida, a la altura del km 18, en las choperas que hay a los lados de la carretera vemos graveras y areneros, explotaciones activas y abandonadas que aprovechan los depósitos de grava y arena que forman el sustrato de estas terrazas (mira la Figura 13).

## Parada 3

### Lugar

Terraza antigua del río Alberche junto a la carretera de acceso a Las Picadas.

### Acceso

Continuando por la M-507 hacia Villa del Prado, entre el km 20 y el km 21 hay un desvío a la derecha hacia la presa de Las Picadas y varias urbanizaciones. Tomamos este desvío y, a los pocos cientos de metros (menos de 1 km), aparcamos a la entrada del camino sin asfaltar que sale a la derecha (mira la foto aérea de la Figura 14).



Figura 14: Esquema de situación de la parada 3.

### Material y edad

Arcosa y grava (conglomerado) del Mioceno inferior y medio (entre 20 y 10 millones de años).

### Características

En esta parada nos interesa ver dos cosas a diferentes escalas. Por un lado, el sedimento que estamos pisando: gravas y arenas del Mioceno como las que vimos en la parada anterior. Podemos ver este sedimento en detalle y reconocer la diferente composición, forma y tamaño de los granos de arena y cantos de grava, así como su disposición en capas. Por otro lado, el paisaje que se abre ante nosotros sobre la llanura fluvial del río Alberche. Desde que depositó las terrazas altas por las que hemos llegado hasta esta parada, hasta que llegó a su posición actual allá abajo, el río Alberche ha ido encajándose y erosionando, circulando y divagando. El resultado han sido las terrazas y meandros que tenemos delante, y las terrazas que hemos visto por el camino.



Figura 15: En la parada 3 vemos sedimentos depositados hace millones de años en el borde del Sistema Central y que ahora están siendo erosionados por el río Alberche y sus afluentes.

### **Origen**

El sedimento que vemos en esta parada es similar al que hemos visto en las dos paradas anteriores. En los tres casos, el sedimento procede de la erosión de las rocas de la sierra y, por lo tanto, la composición es muy similar. El tamaño y disposición de los granos varía según la distancia al área fuente de donde se erosionaron y según el tipo de transporte haya sido por la corriente de un río o por flujos de detrito. En las paradas 1 y 2 la distancia al borde del Sistema Central es mayor, pero el transporte en masa por flujos de detrito permite el transporte de grandes bloques sin que se rompan y redondeen como ocurre en el transporte fluvial. En esta parada 3 la distancia a este borde es menor, pero el transporte y retrabajamiento por la corriente del río hace que predomine la grava o la arena más en unas capas que en otras, y que el tamaño de los granos y cantos sea menor y más homogéneo (rotura por choques entre sí). En los tres casos se trata de depósitos de edad Mioceno y ligados a grandes abanicos aluviales adosados al borde del Sistema Central.

Es importante hacer un ejercicio de imaginación y pensar que todo el espacio abierto delante de nosotros estuvo hace cientos de miles de años ocupado por sedimentos y rocas del Mioceno, un volumen impresionante que después el río Alberche ha ido erosionando hasta dar lugar a la gran llanura que vemos abajo. Poco a poco, lento pero implacable, durante estos cientos de miles de años, el río Alberche ha ido llevándose todos estos sedimentos hacia el río Tago y el mar. Los cambios que sufrió el río y su vega durante las últimas décadas nos permiten ver el impacto de la acción humana en la dinámica fluvial. En la Figura 16 puedes ver cómo ha cambiado la zona desde 1956 hasta 2004.

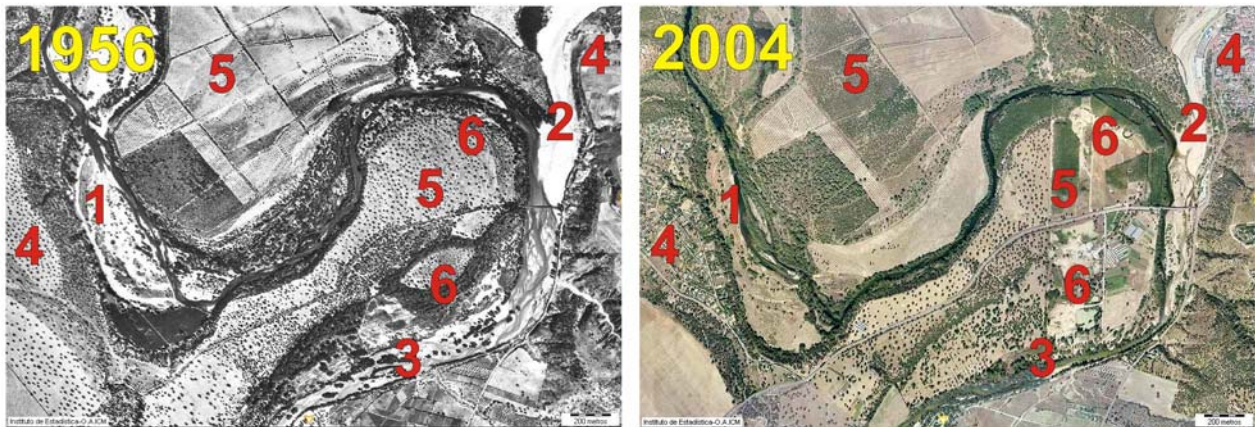


Figura 16: Evolución de los meandros del río Alberche entre Las Picadas y Aldea del Fresno durante los últimos 50 años. Ver la explicación en el texto.

Algunas de las diferencias que podemos ver entre las dos fotos son:

1. Abandono total del cauce del río que erosionaba la parte externa del meandro (la más próxima a nosotros y que tiene mayor pendiente) y estabilización del nuevo cauce activo en una zona más interna del meandro. Crecimiento de vegetación en la llanura de inundación y sobre todo árboles y arbustos en la ribera del cauce activo.
2. Disminución de los aportes de sedimento del río Perales al río Alberche.
3. Crecimiento de vegetación en la llanura de inundación y sobre todo árboles y arbustos en la ribera del cauce activo.
4. Abandono de aprovechamientos tradicionales (cultivos y encinar adeshado) y reclasificación del suelo rústico como suelo urbanizable para ampliar el casco urbano de Aldea del Fresno y construir una urbanización sobre una de las terrazas antiguas (la terraza que pisan y sobre la que se sitúa esta parada 3).
5. Nuevas plantaciones de chopos y álamos en el interior de los meandros a expensas de los antiguos cultivos y encinar adeshado.
6. Nuevas explotaciones de gravas y arenas de las terrazas bajas en el interior del meandro.

Las tres últimas diferencias son un claro resultado de la actividad humana, pero lo que quizá no resulte tan obvio es que las tres primeras diferencias también lo son. ¿Cómo se consigue que el cauce deje de divagar y se estabilice? Porque crece vegetación estable que retiene el sedimento de la llanura de inundación. ¿Y porqué antes no crecía tanta vegetación en la llanura fluvial y ahora sí? La razón es sencilla. Aguas arriba del río Alberche y del río Perales existen varias represas (mira la tabla adjunta) que tienen un impacto importante en el comportamiento de estos ríos. Por un lado, y controlan y reducen (regulan) los efectos de las grandes avenidas e inundaciones que antes afectaban al río, de tal forma que ahora, cuando hay grandes lluvias (como en septiembre-octubre o en abril), la crecida del río es mínima y sólo se suelta agua cuando va a rebosar la presa. Las crecidas naturales de un río son las que hacen que se inunde la vega baja (llanura de inundación), redistribuyendo sedimentos y aportando nutrientes, y a veces resultan en cambios en la posición del cauce activo dentro de la llanura fluvial. El fondo de color claro en la imagen de 1956 indica que la mayor parte de la llanura fluvial estaba periódicamente afectada por inundaciones, las cuales impiden que la vegetación se estabilice. Desde entonces hasta ahora han disminuido los efectos de las inundaciones. Otro de los efectos importantes de las presas es que retienen los

sedimentos que el río transporta continuamente hacia el mar, haciendo que queden atrapados en el vaso (que es como se llama al recipiente que origina la presa). Esto hace que no lleguen nuevos aportes de sedimentos a esta parte del río, pero como se sigue erosionando lo que ya hay, el resultado (del balance de entradas y salidas en la llanura del río) es que aumenta la erosión en el fondo y el cauce principal se va profundizando (entre 1 y 2 metros). Otra consecuencia de este encajamiento ha sido la erosión del delta de desembocadura del río Perales en el río Alberche y el encajamiento del río Perales por erosión remontante. El avance de esta erosión río arriba es el que ha hecho que se descalcen las zapatas de los pilares del antiguo viaducto de hierro del tren Madrid-Almorox construido en los años 30 del siglo pasado.

<b>Presas de los ríos Alberche y Perales</b> (datos de la Confederación Hidrográfica del Tago)						
<b>Nombre</b>	<b>Año de constr.</b>	<b>Río</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Vol. embalse (hm<sup>3</sup>)</b>	<b>Sup. embalse (ha)</b>	<b>Uso</b>
El Burguillo	1913	Alberche	91,00	208,00	910,00	Riego e hidroeléctrico
Charco del Cura	1931	Alberche	32,30	3,47	34,50	Riego e hidroeléctrico
San Juan	1955	Alberche	78,00	148,30	650,00	Abastecimiento, riego e hidroeléctrico
Las Picadas	1952	Alberche	58,50	15,20	91,70	Abastecimiento, riego e hidroeléctrico
Cerro Alarcón	1970	Perales	21,50	1,04	25,00	Recreativo

### **Por el camino**

Una vez terminada la visita a este afloramiento, nos incorporaremos a la carretera M-507 hacia el suroeste en dirección a Villa del Prado. Los muy interesados y con más tiempo pueden hacer una visita rápida a la presa de Las Picadas (la carretera es estrecha y, a veces, puede ser inaccesible para un autobús grande). En el recorrido hacia la presa pasaremos sin darnos cuenta sobre la falla que separa, al noroeste, los gneises del Paleozoico del Sistema Central y, al sureste, los sedimentos del Neógeno de la Cuenca de Madrid. Esta gran fractura de la corteza terrestre es la principal causa de los cambios de relieve que hay en la zona. Al poco tiempo empezaremos a ver afloramientos de gneis en la cuneta de la carretera, atravesados por algunos diques de cuarzo y pegmatita. Retomando el itinerario, y antes de llegar a la parada 4, resulta interesante entrar a Villa del Prado y visitar la iglesia parroquial de Santiago Apóstol, del siglo XV y estilo gótico tardío, como un buen ejemplo del uso tradicional de la roca granítica en la arquitectura local. Otra visita interesante, ya con más tiempo, es acercarse a la ermita de la Virgen de la Poveda (patrona de Villa del Prado), donde podremos ver las placas de cerámica que registran el nivel alcanzado por el río Alberche en las sucesivas crecidas e inundaciones que han afectado al edificio. A la ermita se accede por una carretera asfaltada de unos 5 km que se encuentra señalizada a la izquierda al entrar a Villa del Prado.

## Parada 4

### Lugar

Cuneta derecha de la carretera M-507 a la salida de Villa del Prado.

### Acceso

El punto de visita está en la cuneta de la carretera M-507, cerca del km 29, a pocos cientos de metros del cruce que hay justo a la salida de Villa del Prado (mira la foto aérea en la Figura 17). Antes de llegar al km 29, en el mencionado cruce, deberemos buscar dónde aparcar, ya sea en el camino que sale a la derecha (hacia el norte), por donde está el cartel de Reserva de Caza, o en el Polígono Industrial Los Palomares que está a la izquierda (hacia el sur). En cualquier caso, después de aparcar tendremos que andar por el lado norte de la carretera para acceder al punto y bajar a la cuneta, así que deberemos llevar chaleco reglamentario y tener mucho cuidado con el tráfico.

En un futuro, sería deseable que desde la administración local (Ayuntamiento de Villa del Prado) o regional (Comunidad de Madrid) se facilite el acceso y visita a este importante punto de interés geológico, único en la Comunidad de Madrid.



Figura 17: Esquema de situación de la parada 4.

### Material y edad

Granito del Carbonífero (entre 300 y 290 millones de años) en contacto mediante una falla inversa sobre arcillas rojas del Cenozoico (posiblemente Mioceno medio, aprox. 15-10 millones de años).

### Características

En esta parada veremos un afloramiento pequeño y aparentemente insignificante, pero que representa unos de los pocos lugares en la Comunidad de Madrid, si no el único, en el que se puede ver y tocar la falla que separa el Sistema Central al oeste, de la Cuenca de Madrid al este. Se trata de una falla inversa, es decir, una fractura de las rocas según la cual el bloque que sube se pone encima del que baja y, por lo tanto, lo más antiguo sobre lo más moderno.

Si miramos el plano de falla en detalle (a lo mejor hace falta picar un poco para limpiar la superficie del talud), veremos que es rectilíneo y neto (o sea, que no es transicional). El granito que hay encima está bastante meteorizado (alterado químicamente) y se puede

tallar fácilmente con el martillo de lo blando que está. La arcilla que hay debajo es de un color rojizo intenso resultado de la oxidación del hierro.

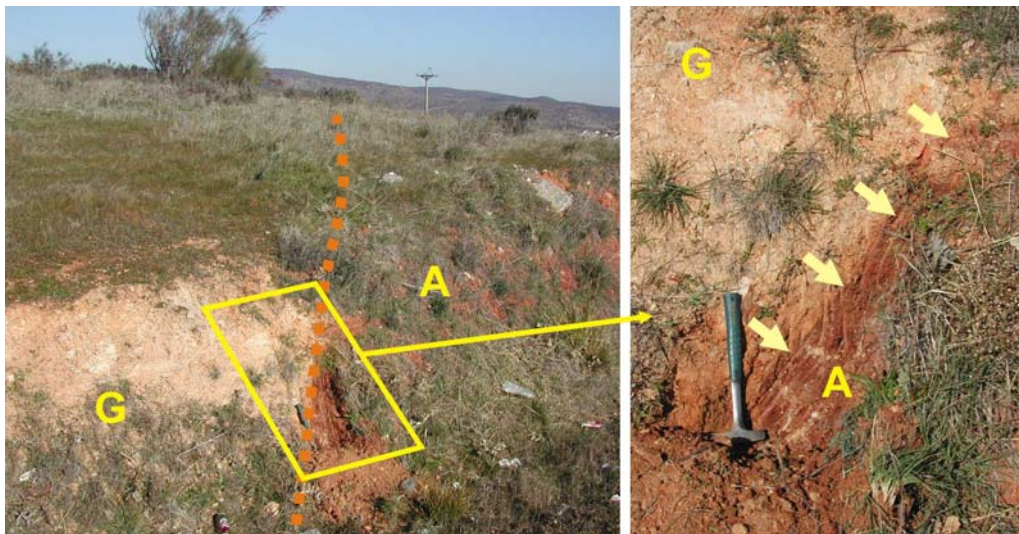


Figura 18: En Villa del Prado (parada 4) podemos ver y tocar la falla inversa que separa la roca granítica del Sistema Central (a la izquierda) del sedimento de la Cuenca de Madrid (a la derecha).

### Origen

Fallas inversas como la que vemos aquí son las que dieron lugar al levantamiento del Sistema Central después del Cretácico y fundamentalmente en el Mioceno. Durante 200 millones de años (entre el Carbonífero superior y el Cretácico inferior), las montañas del Orógeno Varisco en el que se formaron los granitos y gneises del Paleozoico de la zona central de la Península Ibérica fueron erosionadas y niveladas del todo. La llanura resultante quedó cubierta por los depósitos marinos del Cretácico superior. En el Cenozoico, la zona volvió a ser afectada por fracturas de la corteza terrestre, fundamentalmente como resultado de la colisión entre varias placas tectónicas (Ibérica, de Alborán, Africana y Euroasiática) en la Orogenia Alpina. La compresión inducida por el choque de las placas obligó a la corteza terrestre a romperse según las fallas inversas que hoy en día vemos que limitan el Sistema Central. En muchos casos, se trata de antiguas fallas formadas en el Orógeno Varisco y que se reactivaron durante la Orogenia Alpina, volviendo a romperse las rocas más o menos por el mismo lugar. A pesar de la considerable extensión de estas fallas, son poquísimos los lugares en los que se puede ver el plano de la falla y poner el dedo en el contacto. A los lados del gran bloque levantado que es el Sistema Central quedaron las cuencas del Duero y del Tajo (ver las Figuras 3 y 4), en las se depositaron los materiales que se iban erosionando. Estas cuencas actuaron primero como cuencas endorreicas hasta el Plioceno, dando lugar a las dos mesetas norte y sur, y a partir de entonces como cuencas exorreicas hasta la actualidad, originando el paisaje que vemos hoy día, con encajamiento de los ríos en las mesetas para dar lugar a páramos, alcarrias, mesas y cerros testigo (ver el itinerario geológico por el sureste de la Comunidad de Madrid).

### Por el camino

Terminada la visita a este pequeño afloramiento, retomamos una vez más la M-507 hacia el oeste, adentrándonos ya en el dominio geológico del Sistema Central, con sus granitos y gneises del Paleozoico. Antes de llegar a la confluencia con la N-403 podemos fijarnos en algunos aspectos por el camino. Como siempre, los muy interesados y con más tiempo pueden parar a ver y tocar. Eso sí, siempre teniendo sumo cuidado en las paradas



'extraoficiales', porque si no las incluimos no es sólo por el tiempo que conllevarían, sino también por lo complicado del acceso y/o aparcamiento, que podría dar lugar a accidentes si no se toman las precauciones necesarias.

Nada más pasar el km 30 de la M-507 se puede parar en la entrada de la 'Finca El Encinar' y ver los gneises y esquistos con pegmatitas que hay algo más adelante. Después, justo antes del km 34 hay otra entrada a la derecha desde la que podemos ver una espectacular vista hacia el oeste con las Peñas de Cadalso y Cenicientos que veremos más adelante en el recorrido. Además, en este mismo punto y entre las encinas hay un antiguo hórreo de granito, aparentemente desubicado respectó a los lugares en que estamos acostumbrados a ver este tipo de construcciones. Quizás haya influido la presencia en la zona de canteros gallegos que también trabajaron las explotaciones de granito en Cadalso. Una cañada cruza la carretera en el alto que hay junto al km 35 y desde donde se pueden ver, una vez más, la Peña de Cadalso, configurando el paisaje, y las canteras en las que se explota el granito.

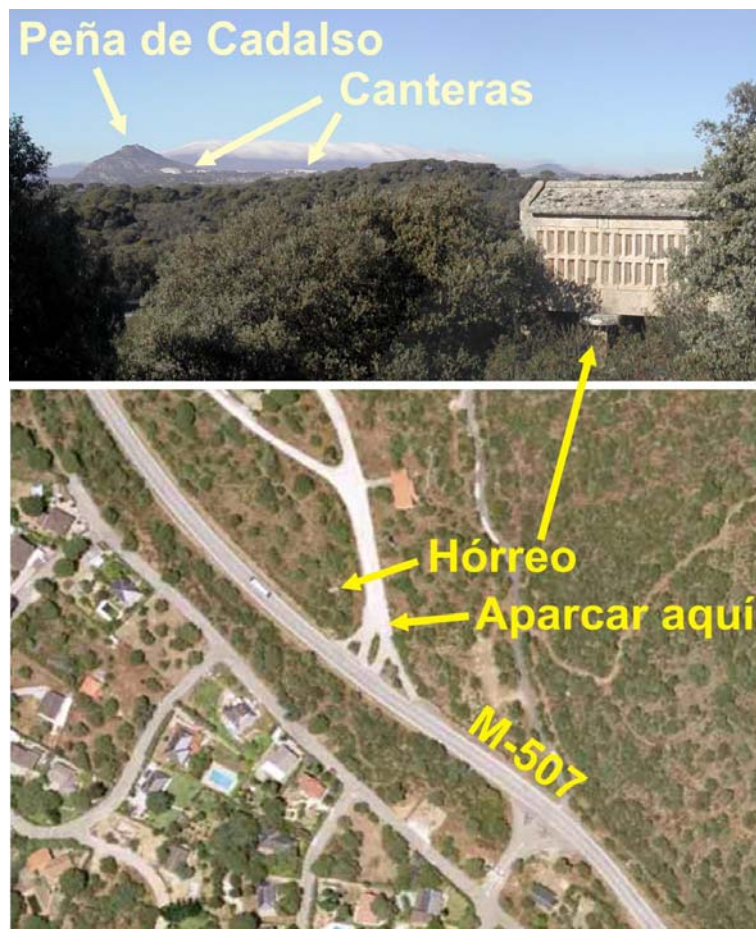


Figura 19: Situación del hórreo de granito, próximo al km 34 de la M-507, y vista de la Peña de Cadalso y de las canteras de granito que se nos ofrece desde ahí.

## Parada 5

### Lugar

Pinares y canteras de granito al norte de la Peña de Cadalso.

### Acceso

Continuamos por la M-507 hacia el oeste hasta el km 36, en el cruce con la N-403, donde tomamos a la derecha en dirección a San Martín de Valdeiglesias. A poco más de 4 km, pasado el km 73 de esta carretera, giramos a la izquierda por la M-541 en dirección a Cadalso de los Vidrios. Justo antes de llegar al km 9 de esta carretera encontramos la entrada a dos explotaciones a cielo abierto que aprovechan el granito que hay en torno a la Peña de Cadalso. En la página web <http://www.cadalsodelosvidrios.org/granito.htm> podemos encontrar los nombres y teléfonos de estas dos empresas y otras de la zona para poder concertar una visita de grupo. Como es lógico, está prohibido visitar las canteras sin permiso, estén en explotación o no. Algo más adelante, pasado el km 9, tomamos el desvío a la izquierda por un camino que está sin asfaltar y que va al Centro de Interpretación de Cadalso de los Vidrios y al Área Recreativa 'El Venero'. Aquí podemos aprovechar para comer (hay mesas y bancos en el pinar antes de cruzar el río) y para visitar el centro de interpretación (si es que está abierto).

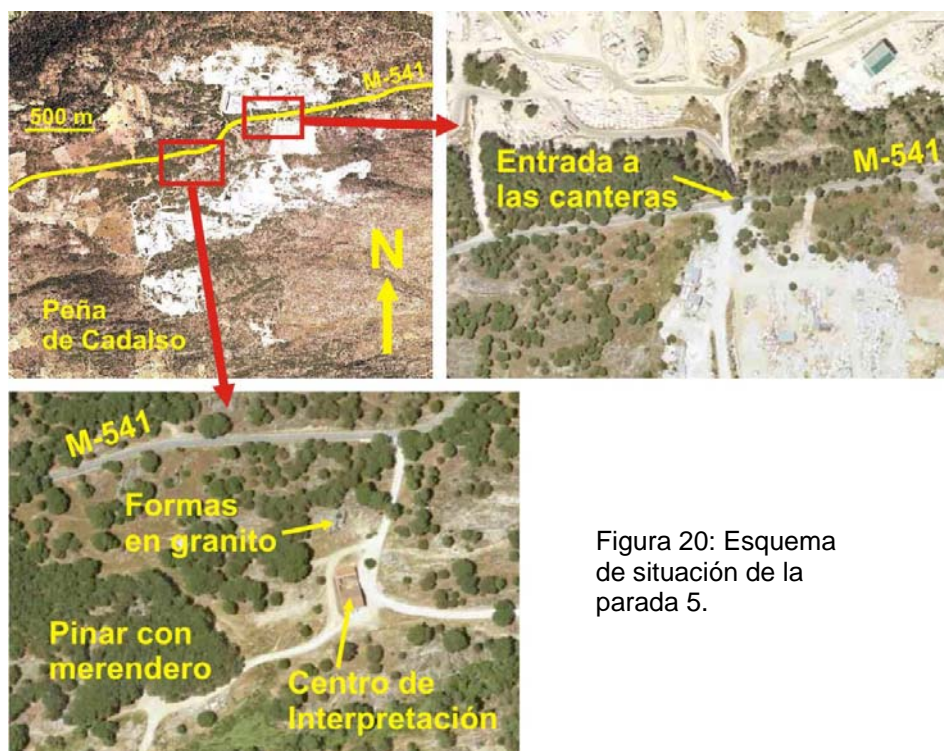


Figura 20: Esquema de situación de la parada 5.

### Material y edad

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

### Características

Junto a la carretera, en la entrada a las canteras, hay varias empresas que se dedican al tratamiento del material granítico de pequeño tamaño para su distribución local, mientras que las grandes empresas se dedican a la extracción de grandes bloques para el tratamiento en plantas de transformación y su distribución a escala nacional e internacional. A la izquierda está la empresa Marcelino Martínez SA, que trabaja las canteras en la concesión minera 'El Venero' (unas 78 Ha) y a la derecha Levantina Pavimentos de Granito SA, que trabaja las canteras en la concesión minera 'Tórtolas'

(unas 45 Ha). El principal tipo de granito que hay en la zona es leucogranito, caracterizado por su color gris claro debido a la presencia de abundante feldespato y cuarzo acompañados de pequeños cristales negros de biotita. El nombre comercial que recibe este granito como roca ornamental es 'Blanco Cristal' y es apreciado a nivel nacional e internacional por el alto grado de homogeneidad mineralógica, textural (forma y tamaño de granos) y cromática, su buen comportamiento mecánico (respuesta a los golpes y a la presión de carga) y su excelente respuesta al pulido. De las 9 variedades comerciales de granito que se producen en la Comunidad de Madrid, 4 de ellas proceden de la zona de Cadalso de los Vidrios: Blanco Cristal (el de mayor producción actualmente), Blanco Cadalso, Fino Cristal y Gris Cadalso (este último en expansión). Localmente existe también una variedad llamada Rosa Cadalso, pero que no ha conseguido competir con los granitos rosados gallegos.

Entrando por el camino que va a la zona recreativa y antes de llegar al centro de interpretación, a la derecha podemos ver un afloramiento del granito con formas de erosión natural.



Figura 21: El granito de Cadalso es fuente de riqueza para la economía local y regional. Entrada a las canteras del sector de 'El Venero'.

### **Origen**

El granito se forma por la solidificación y consolidación de un magma por enfriamiento dentro de la corteza terrestre. Esto significa que antes de enfriarse era un fluido viscoso y muy caliente (más de 800°C), como la lava volcánica pero sin salir a la superficie. El granito se ha enfriado lentamente y en profundidad, dando tiempo a que crezcan los cristales de los minerales. Esto hace que los podamos ver claramente a simple vista, sin necesidad de lupa, mientras que en las lavas volcánicas a veces son muy pequeños porque no les ha dado tiempo a crecer lo suficiente. Como el enfriamiento y la solidificación del granito duran tanto (miles de años), unos minerales se forman antes que otros y se pueden producir cambios en la composición del magma y de las rocas resultantes. Las variaciones de temperatura y composición de los magmas dan lugar a distintos tipos de granito, de grano más grueso o más fino, con mayor o menor cantidad de cuarzo, minerales félsicos, máficos, etc. Los granitos de la zona de Cadalso y

Cenicientos (siguiente parada) se pueden agrupar en dos tipos generales. Uno más claro y de grano más fino, con mayor proporción de cuarzo y minerales félsicos, se llama leucogranito, y es más resistente a la erosión. Es el que hay en la vertiente norte y este de la Peña de Cadalso, que se explota en las canteras y que vemos en su entorno (mira la Figura 22). El otro tipo de granito es algo más oscuro y de grano más grueso, con menor proporción de cuarzo y mayor de minerales máficos (sobre todo biotita), se llama monzogranito y es más fácilmente alterable y, por tanto, menos resistente a la erosión. Es el que veremos en la parada 6, que forma la Peña de Cenicientos y que veremos también entre las paradas 6 y 7.



Figura 22: Formas de erosión natural en el leucogranito de la Peña de Cadalso (Peña Muñana). Entrada al área recreativa en el Pinar del Concejo.

El imponente relieve de la Peña de Cadalso nos permite visualizar los diferentes tipos de formas del relieve a que dan lugar los diferentes tipos de granito. En la siguiente parada veremos el segundo tipo de granito que mencionamos antes, el monzogranito, con menos cuarzo y más biotita, y que, por lo tanto, resulta algo más fácilmente alterable. El leucogranito que pisamos se formó a partir del mismo magma original que el monzogranito, pero mediante procesos complicados de explicar que los geólogos llaman 'diferenciación por cristalización fraccionada' (puedes mirar su significado en el glosario). Como resultado de este proceso, el leucogranito tiene más cuarzo (que es más resistente a la alteración y a la erosión) y menos biotita (que es menos resistente a la alteración y a la erosión). En definitiva, el leucogranito es posterior al monzogranito, se metió (intruyó) dentro del monzogranito y es más resistente a la erosión que el monzogranito. Pero lo interesante de la Peña de Cadalso es que está formada por un tipo de leucogranito todavía más resistente a la erosión que el leucogranito normal y que por eso ha dado lugar a un importante relieve conocido como inselberg en geomorfología (esta es la parte de la geología que estudia las formas y depósitos superficiales). La palabra inselberg viene del alemán y significa monte aislado, y por eso también se usa el término traducido de monte-isla. En geomorfología se llama así a un cerro aislado residual (o sea, lo que queda después de erosionar lo que hay alrededor del cerro) que se eleva de manera abrupta en un área de relieve más o menos plano. Los inselbergs son típicos, aunque no exclusivos, de climas tropicales áridos y semiáridos y, por lo tanto, nos dan información sobre los climas que afectaron una zona en el pasado (paleoclimas). El leucogranito que forma la Peña de Cadalso es todavía de grano más pequeño, con más cuarzo y con menos biotita que el leucogranito que se explota en las canteras. El orden de formación sería, de más antiguo a más moderno, primero el monzogranito de Cenicientos, luego el

leucogranito de El Venero y finalmente el leucogranito de la Peña de Cadalso, todo ello en el Carbonífero, entre 300 y 290 millones de años.

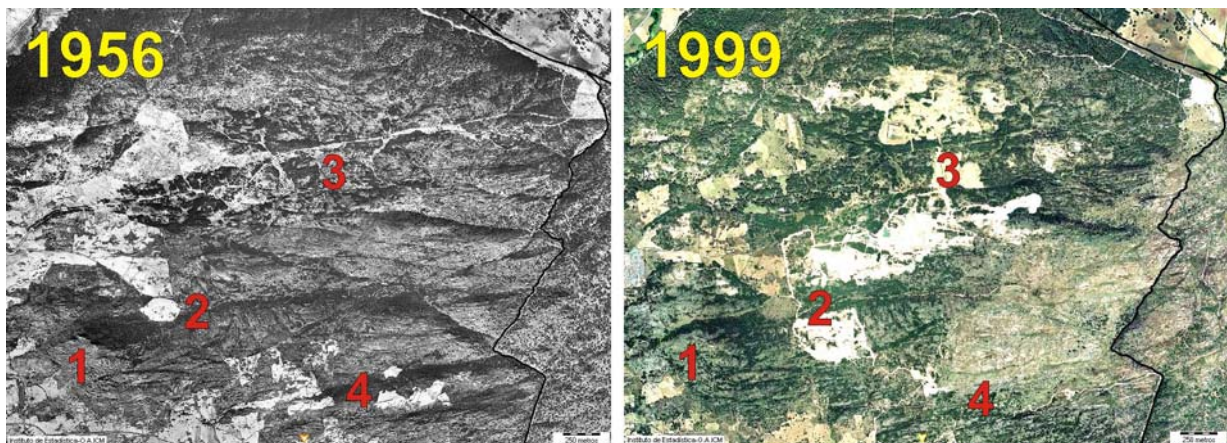


Figura 23: Cambios inducidos por las explotaciones de granito en el entorno de la Peña de Cadalso.

En las imágenes de la figura puedes ver cómo ha cambiado el paisaje de la zona. Algunos de los cambios que han tenido lugar entre 1956 y 1999 son:

- 1.- Crecimiento y regeneración de la vegetación autóctona en el entorno de la Peña de Cadalso (Peña Muñana).
- 2 y 3.- Nuevas explotaciones en grandes canteras hasta la carretera (El Venero) y al otro lado de la carretera (Las Tórtolas).
- 4.- Recuperación de la vegetación en pequeñas canteras abandonadas hace décadas.

Si este relieve de la Peña no fuera tan emblemático y no tuviera tanto valor geológico, geomorfológico y paisajístico, podría ser un objetivo para las empresas que explotan los granitos. Por eso, sin menospreciar la contribución que estas empresas hacen al desarrollo socioeconómico de la región, conviene apreciar y considerar el valor de la Peña de Cadalso como parte del patrimonio natural y cultural de la región y salvaguardarlo para las generaciones venideras.



Figura 24: Casona palaciega construida con granito del entorno en Cadalso de los Vidrios.

**Por el camino**

Una vez terminada esta parada, nos incorporaremos a la carretera M-541 hasta Cadalso de los Vidrios. En este pueblo merece la pena visitar alguno de los excelentes ejemplos de la arquitectura en granito: numerosas casas blasonadas, como la 'Casa de Austria', con fachada plateresca; la iglesia parroquial de la Asunción, de los siglos XV y XVI; el Palacio de Villena, anteriormente de Don Álvaro de Luna, quien lo fortificó con torreones, y que después fue reformado al estilo renacentista italiano en el siglo XVI. Saliedo de Cadalso hacia Cenicientos podemos disfrutar del paisaje que queda a nuestra izquierda y que interpretaremos durante la siguiente parada en lo que respecta a las formas del relieve y su relación con las rocas y sedimentos del sustrato.

## Parada 6

### Lugar

Talud de la carretera M-541, entre Cadalso de los Vidrios y Cenicientos.

### Acceso

Desde la parada anterior continuamos por la M-541, atravesando Cadalso de los Vidrios en dirección a Cenicientos. Pasado el km 17 hay un pequeño ensanche en la carretera donde aparcaremos. El espacio disponible no es excesivamente amplio, así que deberemos tener mucho cuidado al maniobrar y sobre todo si hay que cruzar la calzada para observar el talud. Es conveniente llevar chaleco reflectante reglamentario y estar muy atentos al tráfico (mejor si alguien vigila y avisa).



Figura 25: Esquema de situación de la parada 6.

### Material y edad

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

### Características

En esta parada vemos otro tipo de granito diferente al de la parada anterior. Se trata de un monzogranito, roca plutónica que en general es algo más rica en biotita, con cristales de tamaño más grande y con menos cuarzo que el leucogranito. La edad es muy similar, sólo ligeramente más antiguo, y en conjunto más fácilmente alterable que el leucogranito. Como muestra de ello, en el talud de la carretera podemos ver diferentes grados de alteración y erosión: formas redondeadas resistentes, separadas entre sí por una masa de granito alterado que llega a ser deleznable, deshaciéndose con la mano para dar lugar a una arena gruesa.



Figura 26: Paisaje y relieves del oeste de la Comunidad de Madrid: interacción del sustrato geológico con el clima, la vegetación y la actividad humana.

Hacia el otro lado de la carretera (al este) podemos ver la superficie de erosión excavada sobre el granito de la Sierra durante millones de años y que dejó algunos remanentes resistentes como la Peña de Cadalso y otras cumbres menores. Parte del material erosionado de esta zona está relleno de la Cuenca de Madrid, que es lo que vemos al fondo, la llanura que se extiende algo más abajo en el horizonte y que se sitúa al otro lado de esa 'pequeña gran falla' que vimos durante la parada 4 en Villa del Prado.

### Origen

Una característica del granito es que suele ser homogéneo y generalmente no presenta capas o bandeados como la estratificación sedimentaria que vimos en las paradas 1 a 3 anteriores (terrazas del Cuaternario y arcosas del Mioceno), ni como la esquistosidad o foliación que muestran las rocas metamórficas que afloran a la largo de la carretera. Por lo tanto, los únicos planos de debilidad para la alteración de los minerales del granito son los planos de fractura. Entre los planos de fractura que pueden limitar un gran bloque de granito, la alteración de los minerales de la roca progresa desde la fractura, que es por donde más fácilmente circula el agua, hacia el interior del bloque, donde circula más lentamente o simplemente no pasa. En el caso de planos de fractura (diaclasas) que se entrecortan, los bloques que se forman son como paralelepípedos. Su alteración progresiva a partir de las fracturas da lugar a frentes concéntricos de avance de la alteración química. La roca alterada pierde la cohesión y la tenacidad, haciendo que los granos de mineral se desmoronen y que no sea apropiada para la construcción. Evidentemente, si se erosiona después de alterarse en el subsuelo, entonces la parte del granito que está más cerca de las fracturas, que es la más alterada y deleznable, será arrastrada por el agua. Después de la erosión quedarán sólo formas redondeadas como las que vemos en los taludes de la carretera en esta parada (mira la Figura 27). Estas formas, llamadas berruecos, forman los llamados berrocales, tan frecuentes en las áreas graníticas de la Comunidad de Madrid.



Figura 27: Algunas formas de erosión del granito son heredadas de su alteración previa en el subsuelo. Las zonas de fractura están más alteradas y se erosionan más fácilmente, mientras que los núcleos no están tan alterados y aguantan mejor la erosión.

Al erosionarse el granito se separan los cristales que lo formaban, originándose granos de cuarzo, feldespato o mica. Además, la alteración de los feldespatos y micas origina minerales de arcilla de muy pequeño tamaño que son fácilmente arrastrados por el agua y alcanzan grandes distancias pues viajan en suspensión dentro del agua y tardan mucho



en caer al fondo. Igual ocurre si los arrastra el viento, en cuyo caso las distancias pueden ser de cientos o miles de kilómetros viajando suspendidos dentro del aire hasta que se depositan en cualquier sitio. Así que... ¡ya sabes de qué está hecho una parte del polvo que entra en tu casa!

Los procesos más importantes que actúan durante la alteración química del granito son la hidrólisis (que significa rotura por el agua) y la oxidación (que significa entrada de oxígeno). Por un lado, la hidrólisis convierte al feldespato y a la mica en arcilla. Por otro lado, la oxidación de la mica biotita también produce óxidos de hierro que hacen que se coloree la roca de rojo. De este modo, cuanto más feldespato y mica biotita tenga un granito (por ejemplo, un monzogranito), más fácil será su descomposición frente a los agentes atmosféricos. La palabra científica para referirse a estos procesos de alteración química es meteorización. Esta alteración también afecta a las rocas con las que están contruidos los monumentos y constituyen lo que se ha dado en llamar las 'enfermedades de las rocas o mal de la piedra', que tanto preocupan a los arquitectos y restauradores. Cuando observes una construcción hecha con granito, fíjate en la alteración que tiene y cómo depende de la composición, el tamaño de grano, la situación del bloque en el edificio, etc.

### **Por el camino**

Una vez terminada la visita a este afloramiento, continuamos por la carretera hacia el sur hasta Cenicientos, donde podemos entrar a visitar otros ejemplos de arquitectura en granito: la iglesia de San Esteban (siglos XV y XVI) o la ermita de la Virgen del Roble (siglo XV). También merece la pena parar en el Hostal Restaurante Las Peñas, junto al cruce a la salida del pueblo, para observar la Peña de Cenicientos, otro ejemplo de inselberg en la llanura granítica.



Figura 28: La Peña de Cenicientos, patrimonio natural geológico de la Comunidad de Madrid. Se trata de formas del relieve heredadas del clima tropical que afectó a la Península Ibérica durante millones de años, en el Neógeno.

A lo largo del recorrido hasta la siguiente parada pasamos varios lugares en los que se puede parar a observar el monzogranito en detalle, con diferentes formas de relieve y grados de alteración.

## Parada 7

### Lugar

Canteras abandonadas y taludes junto a la carretera CM-543, antes de llegar a Paredes de Escalona.

### Acceso

En Cenicientos tomamos la carretera M-543 en dirección a Escalona. El kilometraje en los mojones de la carretera aumenta hasta llegar al límite con la provincia de Toledo y a partir de ahí pasa a ser la CM-543 y el kilometraje va disminuyendo hasta Escalona. Pasando las curvas y el estrechamiento del valle que hay en torno al km 6 de la CM-543, aparcamos a la entrada de una finca en un camino que sale a la derecha. El acceso para autobús es difícil y quizás sea mejor que espere en el arcén, señalizando debidamente. Siguiendo por la carretera algo más adelante se puede entrar a una cantera recientemente abandonada (en vehículo todoterreno o andando).

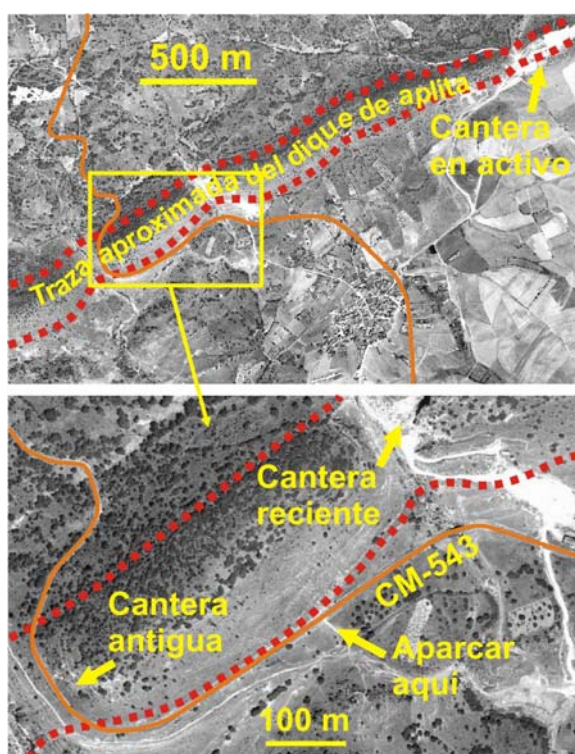


Figura 29: Esquema de situación de la parada 7.

### Material y edad

Dique de aplita en monzogranito del Carbonífero (entre 300 y 290 millones de años).

### Características

El relieve que se levanta frente a nosotros pasado el km 7 es un gran dique de aplita (más abajo explicamos lo que es un dique y lo que es una aplita) que se extiende más o menos paralelo a la gran falla que limita el Sistema Central por el sur (la que vimos en la parada 4 en Villa del Prado). El río ha erosionado y seccionado el dique formando un estrechamiento que la carretera aprovecha para atravesar el relieve y salir a la llanura que hay al otro lado. En la curva del km 6 hay una antigua cantera abandonada de la que posiblemente se extrajo material para la carretera. La otra cantera que hay al final de la siguiente recta es más reciente, aunque también está abandonada actualmente. La que sí se encuentra en explotación es la que se halla en el mismo dique de aplita pero

siguiéndolo hacia el noreste (mira la Figura 29). En el tramo del dique de aplita junto a la carretera entre las dos canteras abandonadas podemos ver el contacto neto (o sea, que no es transicional) entre el monzogranito y la aplita.

### Origen

Una aplita es una roca granítica hecha fundamentalmente de feldespato y cuarzo en cristales de tamaño muy pequeño. El nombre de aplita se usa para referirse a la textura, o sea, al tamaño y la forma de los cristales. Un geólogo la describiría como "roca de grano fino y composición granítica en la que los minerales félsicos son equigranulares y anhédricos". Esto quiere decir que los granos de cuarzo y feldespato (minerales félsicos) son todos del mismo tamaño (equigranulares), pequeñitos (de grano fino) y se formaron al mismo tiempo, apretados unos con otros sin que cada mineral individual pudiera desarrollar las caras o facetas del cristal (anhédricos).



Figura 30: Las canteras abandonadas quedan como registro del antiguo aprovechamiento de los recursos geológicos y además ofrecen la posibilidad de observar el patrimonio geológico y minero. Desgraciadamente, es frecuente su utilización como vertedero incontrolado. En la imagen, cantera de aplita de Paredes de Escalona. En la zona de sombra junto al vehículo está el contacto con el granito.

Estrictamente, una aplita es un tipo más de granito, en este caso de composición muy similar a los leucogranitos que vimos en la parada 5. Podríamos decir que se trata de una aplita leucogranítica o un leucogranito aplítico. Lo que cambia en esta parada 7 de forma muy significativa respecto al plutón de Cadalso es la forma que tiene la masa de aplita vista en el mapa o en la foto aérea (Figura 29). En el mapa geológico (Hoja 580 de Méntrida) aparece como una banda continua de unos 8 km de largo y que puede sobrepasar varios cientos de metros de espesor. En la foto aérea se ve como una serie de cerros alargados separados entre sí por los estrechamientos excavados por los arroyos. Se trata de un dique que rellena una fractura, como ocurre con muchos filones o vetas de minerales que se explotan en las minas, pero en este caso es de aplita. Para que se forme un dique hace falta que se rompa la roca en que está metido (llamada encajante). Esto significa que el monzogranito en que se metió (los geólogos dicen que se inyectó o que intruyó) ya estaba solidificado (no era un magma) y que no estaba muy profundo. Esto último lo sabemos porque, para que el granito se rompa, hace falta que se comporte de forma frágil, sin deformarse, y para eso tiene que estar relativamente cerca de la superficie. Al decir cerca nos referimos a unos pocos kilómetros, pues a mucha profundidad el calor y la presión hacen que se deforme como plastelina en lugar de romperse.



Figura 31: Contacto entre aplita y monzogranito, dos rocas graníticas de composición similar pero de textura (forma y tamaño de los cristales) muy diferente. Afloramiento junto a la carretera CM-543.

La razón de que la aplita tenga menor tamaño de grano que el leucogranito que vimos en paradas anteriores es porque el enfriamiento del magma fue más rápido, ya que se introdujo en una fractura de otra roca (el monzogranito) ya enfriada previamente y que muy probablemente se encontraba más próxima a la superficie del terreno. Junto a la recta de la carretera (mira la Figura 31) vemos la superficie de contacto entre la aplita y el monzogranito. Este contacto es la superficie de una de las paredes de la fractura que rompió al monzogranito y en la que se inyectó la aplita. La otra pared de la fractura está al otro lado del dique de aplita, en el otro lado del cerro.

### **Por el camino**

Una vez terminada la visita a estos afloramientos, nos incorporamos a la carretera CM-543 hacia el sureste pasando Paredes de Escalona hasta llegar a Escalona. Los que después de haber llegado a esta última parada del día sigan interesados y todavía con tiempo disponible, pueden aprovechar para hacer una última parada extraoficial antes de regresar a Madrid. Una vez atravesada la parte antigua del pueblo de Escalona, al final de la bajada al río Alberche y antes de entrar al puente sobre este río, nos desviamos por un camino que hay a la derecha y aparcamos ahí mismo. Subiendo la escalinata podremos ver una bonita perspectiva sobre la vega del río, y también un buen afloramiento de sus terrazas antiguas (sobre las que se sitúa la muralla) y el contacto erosivo a modo de paleorrelieve excavado sobre las arenas arcósicas del Mioceno.



Figura 32: Gravas y arenas fluviales del Pleistoceno ('Cuaternario' antiguo) en una terraza alta del río Alberche en Escalona, depositadas sobre una superficie erosiva en contacto con sedimentos arcósicos del Mioceno.

### **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 580 (Méntrida) y 581 (Navalcarnero). Cada mapa geológico y geomorfológico junto con su memoria explicativa puedes comprarlo en la tienda del IGME (Servicio de Publicaciones), en la calle Cristóbal Bordú 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/internet/Serv\\_Publicaciones/Indexc.htm](http://www.igme.es/internet/Serv_Publicaciones/Indexc.htm)

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)  
También puedes preguntarle a un experto mediante la opción de 'El Geólogo responde', disponible en: <http://www.icog.es/portal/pregunta/pregunta.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.*

Centeno, J.D., Sanz, M.A. y Fernández, P. (1991). **Itinerario Segovia-Guadarrama-Cadalso de los Vidrios**. 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. 83-85.

*Artículo que describe las principales características geomorfológicas del macizo granítico de Cadalso de los Vidrios y las terrazas del río Alberche.*

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.*

Díez Herrero, A. y Pedraza Gilsanz, J. de (1994). **Variaciones actuales en el meandro de El Santo (río Alberche)**. En: Arnáez-Vadillo, J.; García-Ruiz, J.M.; Gómez-Villar, A. (Eds.), Geomorfología en España. Actas de la III Reunión de Geomorfología, Logroño, tomo I, p. 457-470.

*Artículo que describe las principales características geomorfológicas de este meandro del río Alberche, visitado en las paradas 2 y 3 de este itinerario geológico por el suroeste de la Comunidad de Madrid.*

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 nuestros itinerarios norte y oeste. 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.*

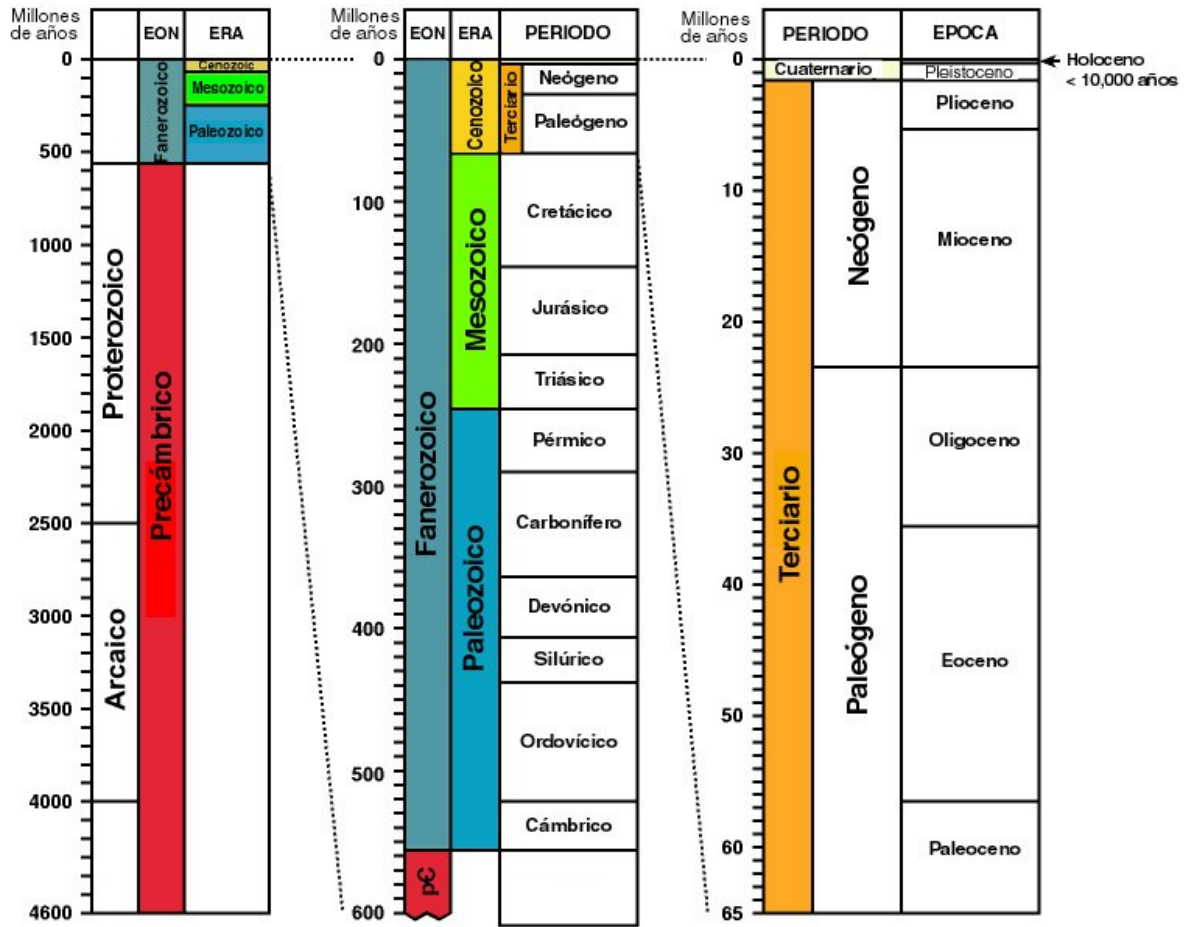
Vera, J.A. (1994). **Estratigrafía. Principios y métodos.** Ed. Rueda, Madrid, 806 p.

*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.

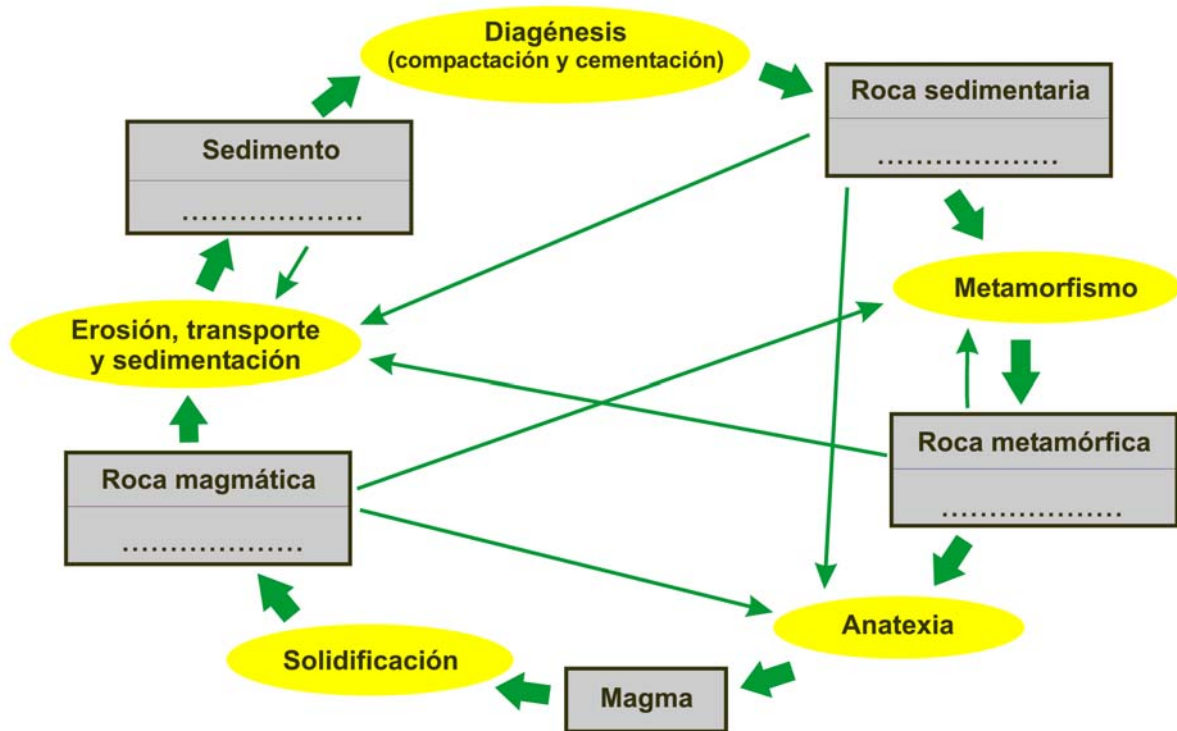
*Este libro viene bien para saber cómo interpretar las estructuras tectónicas que se suelen ver normalmente en los afloramientos del campo, desde pliegues y fracturas a pizarrosidad y esquistosidad pasando por diques y venas hidrotermales.*

## 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 39 a 42.

