



5

LA GEODIVERSIDAD DE TAMAJÓN

PARQUE NATURAL DE LA SIERRA NORTE DE GUADALAJARA

EL PARQUE
NATURAL ABARCA
UN EXTENSO
TERRITORIO
DE RELIEVE
ESCARPADO
UBICADO
GEOGRÁFICAMENTE
EN EL SISTEMA
CENTRAL, JUSTO EN
SU ZONA DE ENLACE
CON EL SISTEMA
IBÉRICO Y EL SECTOR
NORESTE DE LA
CUENCA DEL TAJO.

El Parque Natural de la Sierra Norte de Guadalajara se sitúa al norte de la provincia, limitando al Oeste con Madrid y al Norte con Segovia. El relieve del Parque Natural es muy accidentado y conforma un conjunto montañoso que incluye diversos macizos y sierras, como los del Lobo-Cebollera, La Tornera-Centenera, Buitrera, Alto Rey, Ocejón, o Sierra Gorda. En total se cuentan más de veinte cimas que superan los dos mil metros de altitud, un grupo que lidera el Pico del Lobo que, con 2.274 metros de altitud, es el techo del Parque y de Castilla-La Mancha.

Estas montañas son el origen de los tres ríos que vertebran el territorio: el Jarama, el Sorbe y el Bornova, que forman largos valles de dirección Norte-Sur que condicionan el paisaje y la vida en el Parque. Esta red fluvial a su vez cuenta con numerosos afluentes como son los ríos Ermito, Berbellido, Veguillas, Jaramilla, Lillas, Zarzas, Sonsaz, Cristóbal o Pelagallinas, que han servido como punto de partida para el diseño de los itinerarios de las geo-rutas.

El Parque Natural abarca un extenso territorio de relieve escarpado ubicado geográficamente en el Sistema Central, justo en su zona de enlace con el Sistema Ibérico y el sector Noreste de la Cuenca del Tajo. Esta conjunción explica la notable diversidad de rocas que afloran en el Parque Natural y que son responsables de su singular fisonomía. En el área del Parque Natural predominan las rocas metamórficas como pizarras, esquistos y gneises, sobre las que se forman cuchillares, crestones, valles encajados, cañones fluviales, canchales, escarpes con espectaculares saltos de agua y, en las zonas de mayor altitud, circos glaciares y restos de antiguas morrenas. Pero también hay calizas y dolomías que han dado lugar a “ciudades encantadas”, hoces y cuevas. En la zona Suroeste son características las extensas rañas rojizas, donde se desarrollan imponentes cárcavas. Esta gran diversidad geológica configura paisajes muy diferentes que ofrecen contrastes muy acusados en muy poco espacio.



GEORUTAS

PARQUE NATURAL DE LA SIERRA NORTE DE GUADALAJARA

La red de geo-rutas del Parque Natural de la Sierra Norte de Guadalajara incluye seis itinerarios autoguiados que permiten descubrir sus enclaves geológicos más singulares, pero también su relación con la biodiversidad y riqueza cultural. Las geo-rutas están diseñadas para ser recorridas en vehículo, aunque incluyen numerosos paseos complementarios para acceder a las paradas que no están a pie de carretera. Así, algunas de las rutas pueden ser largas incluso para ser recorridas en una única jornada si se realizan todos los paseos propuestos. Los itinerarios utilizan los principales cursos fluviales como eje vertebrador.

1 POR LOS RELIEVES APALACHANOS DEL JARAMA Y JARAMILLA

- **Punto de inicio:**
El Cardoso de la Sierra.
- **Punto final:** Puerto de la Quesera.

CARACTERÍSTICAS

Recorre la cabecera del valle del Jarama, remontando el curso de varios de sus afluentes, los ríos Berbellido, Jaramilla y Veguillas, en el extremo noroccidental del Parque Natural y de la provincia de Guadalajara.



2 SIGUIENDO EL SORBE POR LOS DOMINIOS DE LA CUARCITA

- **Punto de inicio:**
Galve de Sorbe.
- **Punto final:** Almiruete.

CARACTERÍSTICAS

Largo recorrido que visita enclaves geológicos del entorno del río Sorbe y lugares emblemáticos del Parque Natural como el castillo de Diempures en Cantalojas y la chorrera de Despeñalagua en Valverde de los Arroyos



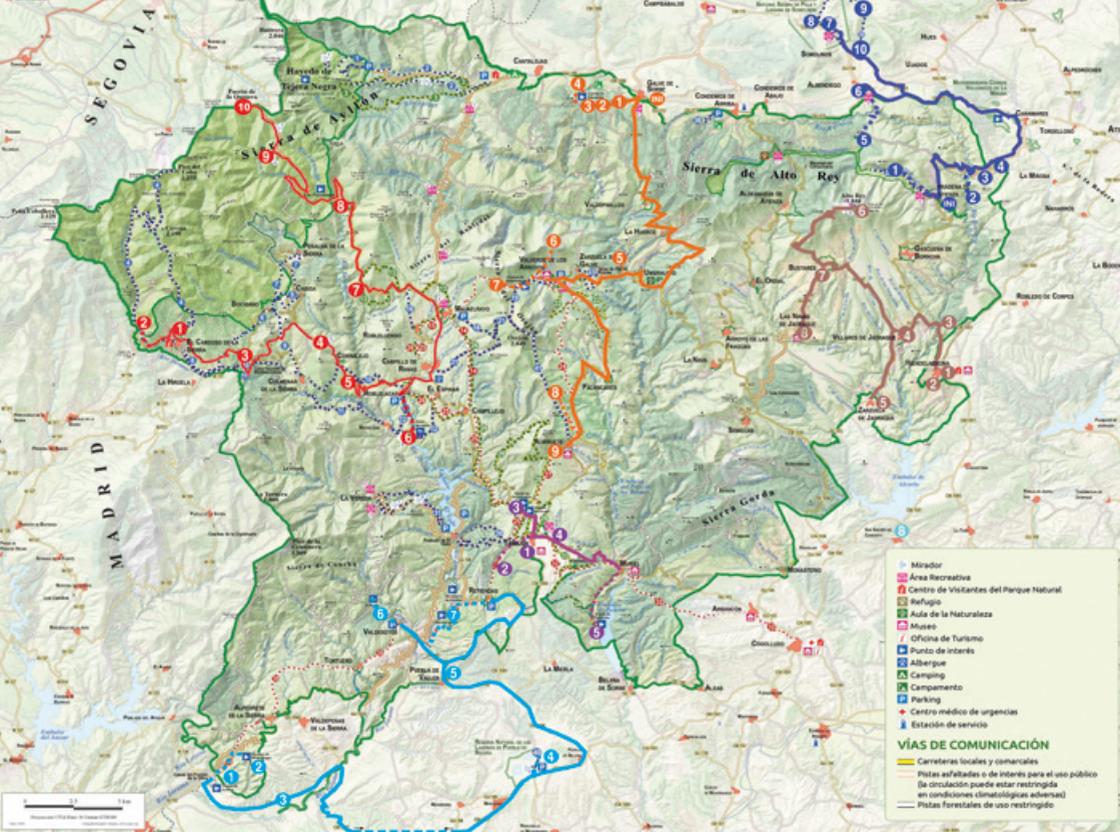
3 GEOLOGÍA EN EL CONTACTO ENTRE LOS SISTEMAS CENTRAL E IBÉRICO

- **Punto de inicio:**
Prádena de Atienza.
- **Punto final:** Somolinos.

CARACTERÍSTICAS

Itinerario a los pies de la Sierra de Alto Rey que conecta el Parque Natural con otros dos espacios naturales protegidos cercanos de gran interés geológico: la Microrreserva de los Cerros Volcánicos de La Miñosa y el Monumento Natural Sierra de Pela y Laguna de Somolinos.





4 EL USO DE LOS RECURSOS GEOLÓGICOS AL PIE DEL ALTO REY

● Punto de inicio:

Hiendelancina

■ Punto final: Las Navas de Jadraque

CARACTERÍSTICAS

Recorre la vertiente meridional de la Sierra del Alto Rey, donde el uso de los recursos geológicos durante siglos refleja muy bien la relación entre geología, cultura y usos tradicionales, condicionando la vida de las personas.



5 LA GEODIVERSIDAD DE TAMAJÓN

● Punto de inicio:

Tamajón.

■ Punto final: Ermita de

Peñamira (Muriel).

CARACTERÍSTICAS

Ruta formada por varios ramales que recorren enclaves geológicos del municipio de Tamajón, como el Centro de Interpretación Paleontológica y Arqueológica, la famosa "ciudad encantada", cabalgamientos, lagunas, etc.



6 POR EL VALLE MEDIO DEL JARAMA, ENTRE HOCES Y CÁRCAVAS

● Punto de inicio:

Pontón de la Oliva

■ Punto final: Retiendas

CARACTERÍSTICAS

Recorre el extremo suroccidental del Parque Natural y visita enclaves singulares como cárcavas, cañones fluviales sobre rocas cuarcíticas y calcáreas, y lagunas temporales. Además, se visita uno de los más importantes cabalgamientos del lado meridional del Sistema Central.



HISTORIA GEOLÓGICA DE LA SIERRA NORTE DE GUADALAJARA

La larga historia geológica de la Sierra Norte de Guadalajara puede explicarse en cinco episodios que reflejan los mayores acontecimientos que han sucedido en esta zona. Son, de más antiguo a más moderno:



Detalle de un gneis.

EPISODIO 1

(hace entre 550-370 Millones de años):

Durante buena parte del Paleozoico, toda esta región estuvo cubierta por un profundo mar en el que se acumularon miles de metros de sedimentos. Su posterior compactación, litificación y metamorfismo (en la siguiente etapa) daría lugar a las pizarras, cuarcitas y esquistos, que son las rocas mayoritarias del Parque Natural. En las fases iniciales de esta etapa (hace 495-480 Ma), tuvo lugar el emplazamiento de rocas volcánicas, cuyo posterior metamorfismo en el siguiente episodio daría lugar a los característicos gneises glandulares que aparecen en la región.



Pizarras

EPISODIO 2

(hace entre 370-265 Millones de años):

Hace alrededor de 370 Ma, en la denominada Orogenia Varisca, el choque de dos grandes continentes (Gondwana y Laurussia) y el cierre del océano que existía entre ellos (Rheico) generó el levantamiento de grandes relieves montañosos. Durante 50 millones de años, el relieve de la zona cambió totalmente y surgió una gran cordillera. Las condiciones de alta presión y temperatura generadas por la orogenia provocarían el metamorfismo en las rocas sedimentadas en la etapa hace 335-320 Ma. Con el tiempo, la cordillera sería casi totalmente arrasada por la erosión, de manera que hoy en día solo vemos los cimientos de aquella cadena montañosa en forma de rocas metamórficas. En una fase final (295-265 Ma), circularían diversos fluidos a favor de fallas propiciando mineralizaciones de plata y plomo.



Pliegues originados durante la orogenia Varisca



Conglomerados y calizas formados en el episodio 3

EPISODIO 3

(hace entre 265-45 Millones de años):

La región quedaría sometida a la erosión y sedimentación continental durante buena parte del Mesozoico, suavizando aún más los relieves, hasta que, hace alrededor de 100 Ma, una progresiva inundación cubriría la región con rocas marinas: calizas, margas y dolomías. El nivel del mar siempre fue poco profundo y alcanzó su máximo ya en el Cretácico, cuando hace alrededor de 80-90 Ma se formaron zonas litorales y amplias plataformas marinas con arrecifes de rudistas. El mar se retiraría bruscamente hace alrededor de 70 Ma y se acumularían enormes espesores de yesos.

EPISODIO 4:

(hace entre 35-3,5 Millones de años):

Una nueva orogenia, denominada Alpina, afectaría a todo el territorio ibérico, plegando y fracturando las rocas. Daría lugar a las actuales cordilleras, entre ellas el Sistema Central, cuya etapa principal de formación se prolongó entre hace 35 y 25 Ma. Tan pronto como los relieves empezaron a formarse, la erosión actuó sobre ellos, transportando grandes cantidades de sedimentos al interior de la cuenca situada al Sur de la cadena montañosa, donde se acumularon miles de metros de sedimentos, como conglomerados, arcillas y yesos. Un nuevo pulso tectónico, más moderado que el anterior y que se inició hace alrededor de 9 Ma, rejuveneció los relieves y volvió a producir una intensa erosión sobre ellos. Así, la cuenca recibió otra vez una gran cantidad de sedimentos, colmatándose hace alrededor de 6 Ma.



Calizas plegadas por el efecto de la orogenia alpina

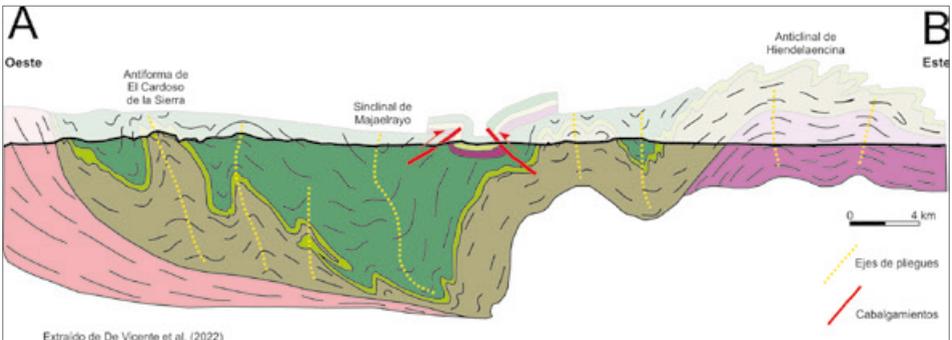
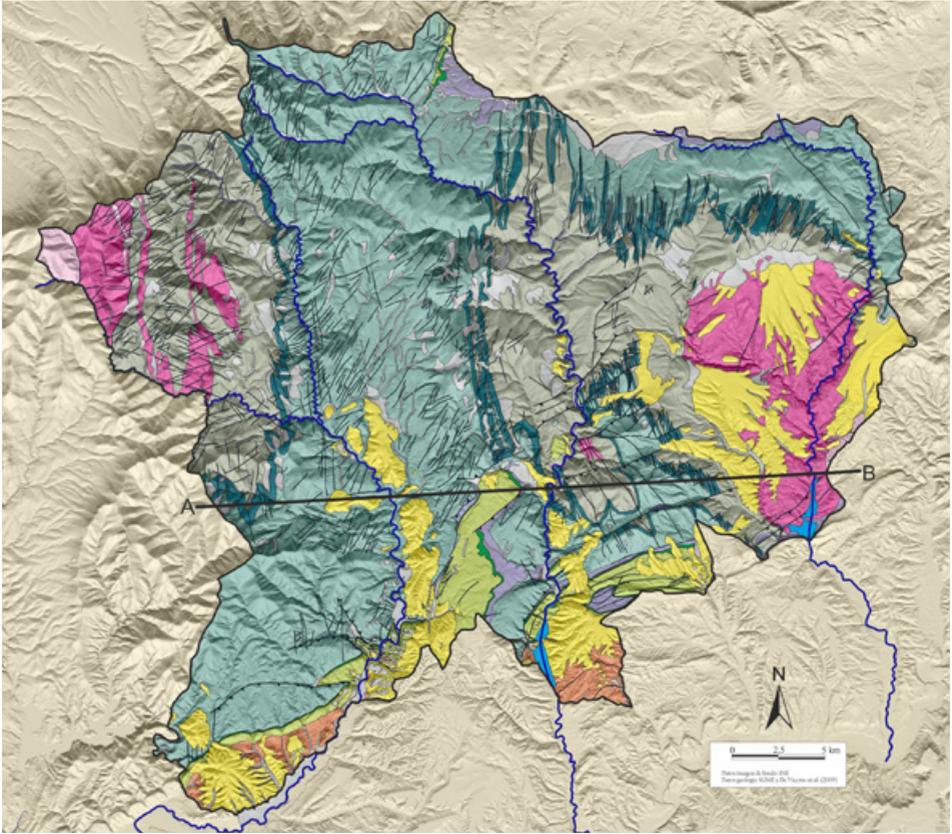


Los procesos generadores del modelado actual se desarrollaron en el episodio 5, como la karstificación (izquierda), cárcavas (centro) y el encajamiento de la red fluvial (derecha)

EPISODIO 5 (3,5 Ma-actualidad):

Desde la colmatación de la cuenca sedimentaria, la red fluvial ha ido desarrollándose y encajándose, desde hace 5 Ma. La cuenca sedimentaria era endorreica, pero hace unos 3,5 Ma se abrió al mar. Se inició así un brutal proceso de erosión y vaciado de la misma por parte del río Tajo y sus tributarios, formando la actual red fluvial. También, en función de factores climáticos, tendrían lugar la karstificación y glaciario. El paisaje que vemos actualmente quedó configurado durante este episodio.

MAPA GEOLÓGICO DEL PARQUE NATURAL SIERRA NORTE DE GUADALAJARA





LEYENDA DEL MAPA GEOLÓGICO

CENOZOICO	CUATERNARIO		Gravas, arenas y arcillas
	NEÓGENO	PLIOCENO	Conglomerados y arenas
		MIOCENO	Arenas y limos
	PALEOGENO	OLIGOCENO	Arenas, conglomerados, limos, margas y yesos
		EOCENO	
		PALEOCENO	
MESOZOICO	CRETÁCICO		Calizas y dolomías
	TRIÁSICO		Arenas caoliníferas. "Arenas de Utrillas"
PALEOZOICO	SILÚRICO		Conglomerados, areniscas, limos, arcillas y yesos
	ORDOVÍCICO	SUPERIOR	
		MEDIO	Pizarras. Alternancia de pizarras y cuarcitas y esquistos
		INFERIOR	Cuarcitas. Cuarcita Armoricana o de Alto Rey
	CÁMBRICO		Pizarras. Alternancia con cuarcitas y esquistos
			Gneises. Gneis Ollo de Sapo
		Gneises	



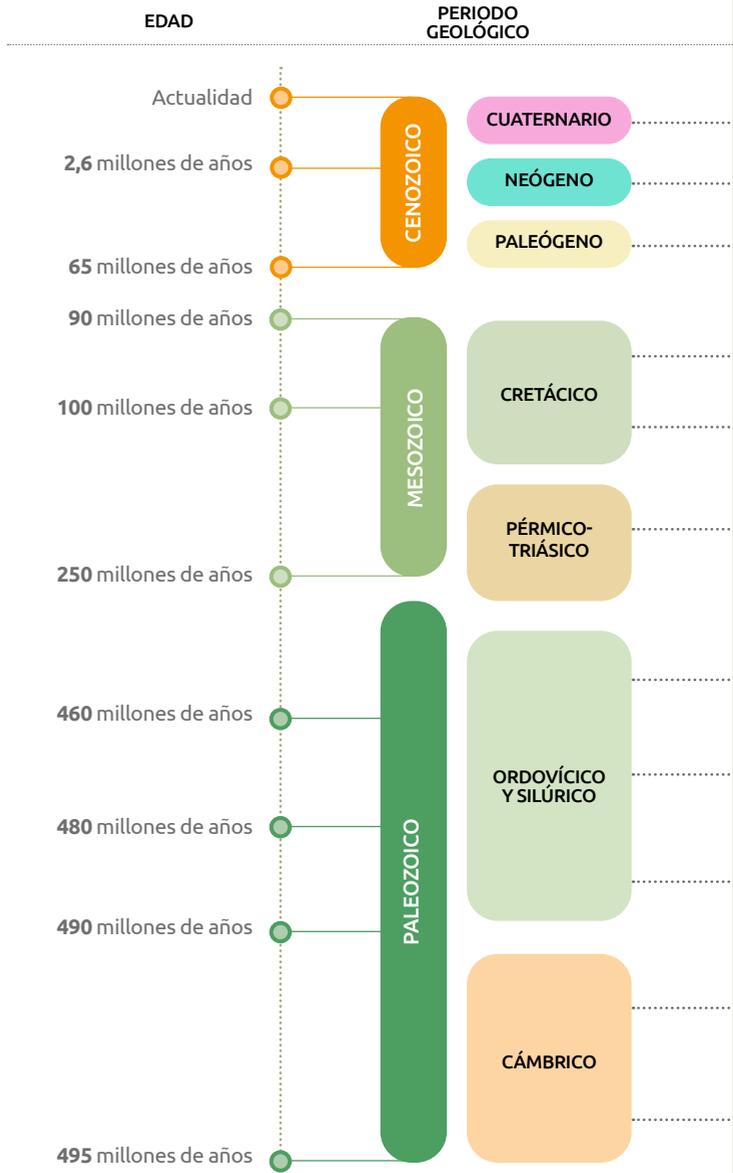
Este mapa representa la edad y los diferentes tipos de rocas del Parque Natural. Su disposición está condicionada por las estructuras tectónicas, que también están representadas en el mapa. Para entender mejor esa configuración tectónica, se incluye también un corte que muestra cómo es

esa estructura en profundidad. En el mapa se aprecia cómo las rocas del Paleozoico son mayoritarias, formando un gran sinclinal en la zona central rodeado de dos anticlinales a cada lado. Las rocas del Mesozoico, representadas en tonos verdosos, se limitan a una banda de

anchura variable en la zona Sur (y un pequeño afloramiento en la zona Norte). Por último, las rocas del Cenozoico, representadas en color amarillo, naranja y gris, aparecen en la zona meridional y oriental, por donde se extienden amplia y mayoritariamente ya fuera del Parque Natural.

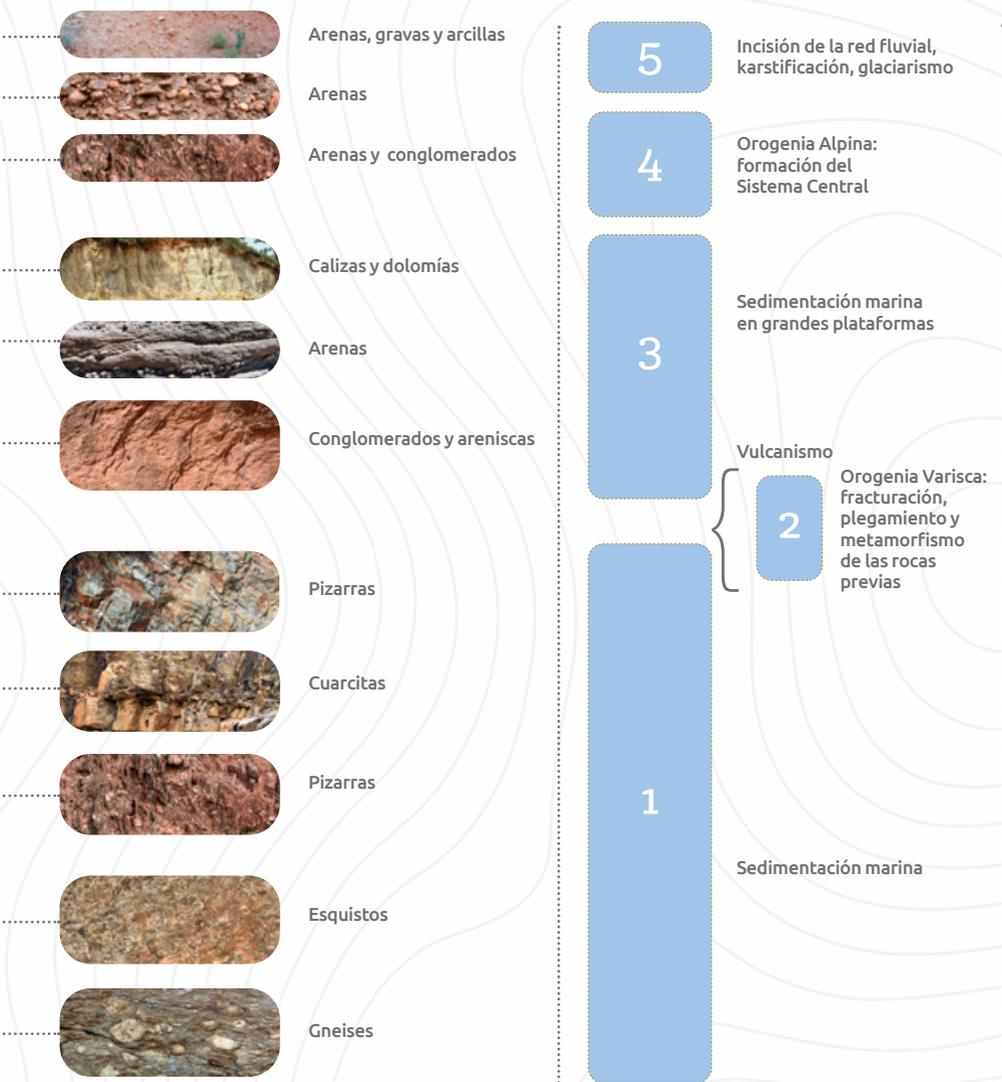
COLUMNA GEOLÓGICA DEL PARQUE NA

Esta columna sintetiza de manera esquemática la sucesión ideal de las rocas que encontramos en la Sierra Norte de Guadalajara, desde las más antiguas (situadas en la parte inferior de la columna) a las más modernas. En la columna se han representado los tipos de rocas más comunes de las distintas unidades geológicas que se pueden identificar. El espesor no está a escala y, por tanto, tampoco lo está la duración de los episodios: es una guía visual que ayuda a entender las rocas que aparecen en el Parque Natural y su edad aproximada. Diferentes factores como los movimientos tectónicos, cambios en la génesis de las rocas o la erosión, hacen que a veces esta sucesión esté incompleta o sea algo diferente.



TURAL SIERRA NORTE DE GUADALAJARA

EPISODIOS



5 LA GEODIVERSIDAD DE TAMAJÓN

Tamajón-Muriel

● **Punto de inicio:** Centro de Interpretación Paleontológica y Arqueológica de Tamajón (CIPAT)

■ **Punto final:** Ermita de Peñamira (Muriel).

□ **Resumen de la geo-ruta:** La ruta no es lineal, sino que está formada por varios ramales que recorren enclaves geológicos en torno al municipio de Tamajón. Las diferentes paradas de esta ruta incluyen diversos aspectos como yacimientos paleontológicos (de tres tipos y edades diferentes pero muy cercanos unos de otros), la singularidad del karst, lagunas, cabalgamientos...

La geo-ruta incluye cuatro recorridos a pie:

Parada 2: desde Tamajón hasta la cantera de calizas: 45 minutos (i+v)

Parada 3-B: por los alrededores de la Ermita de los Enebrales, en la conocida como "Ciudad Encantada de Tamajón": 1h

Parada 4: desde Tamajón a las canteras de arena y la laguna: 30 minutos (i+v)

Parada 6: desde Muriel hasta el cabalgamiento y la ermita de Peñamira: 2 h (i+v).

• INICIO Y PARADA 1: CENTRO DE INTERPRETACIÓN PALEONTOLÓGICA Y ARQUEOLÓGICA DE TAMAJÓN (CIPAT)



Cómo llegar: *El CIPAT se localiza en el extremo sur de la población de Tamajón, y es uno de los primeros edificios que nos encontramos a mano izquierda si venimos por la carretera CM-1004 que une Humanes con Tamajón. Se encuentra en la C/ La Soledad s/n, junto al Centro Cultural y la ermita de la Soledad.*



Coordenadas

Geográficas:

ETRS89; 40°59'48.6"N, 3°14'53.0"W;

UTM: 479136, 4538436

En Google Maps se muestra con la etiqueta:

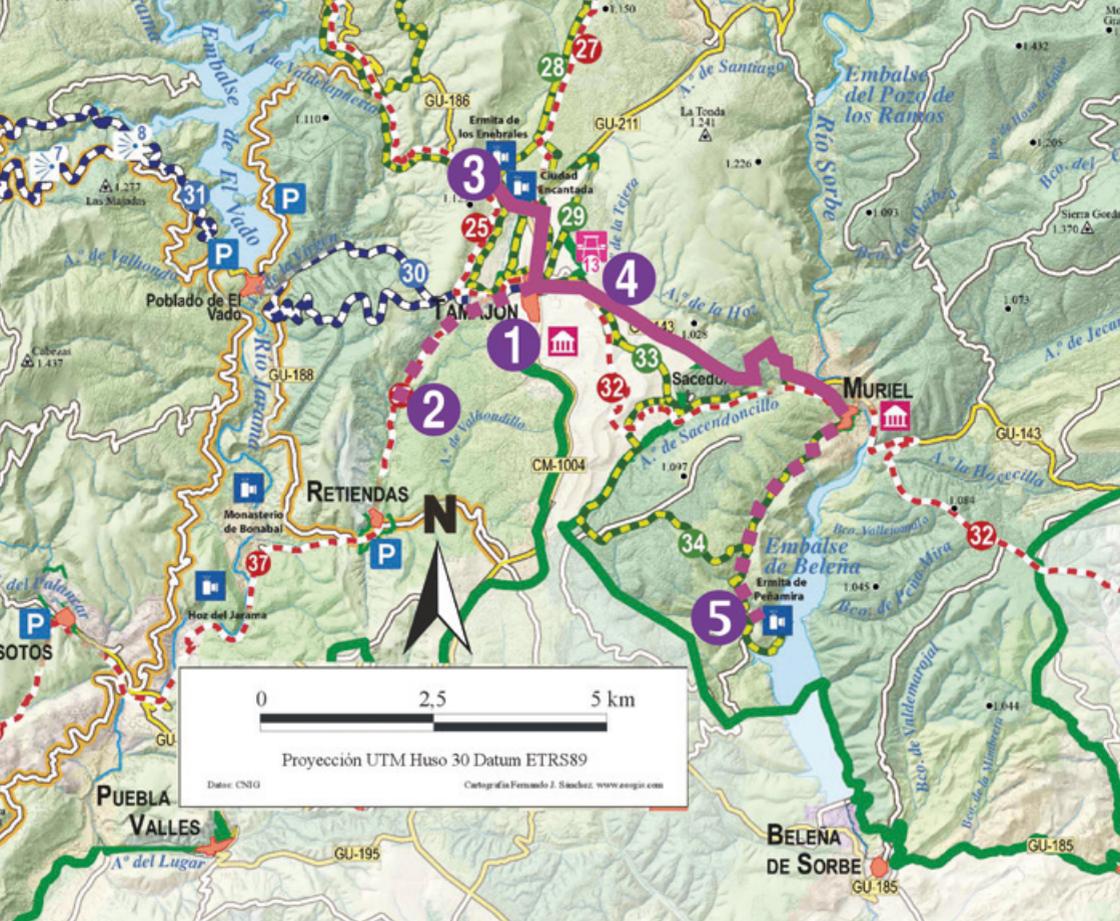
CIPAT TAMAJÓN

Horarios de apertura: Sábados: 10–14h y de 16-19h. • Domingos y festivos: 10-14h. • Martes a viernes: visitas exclusivamente para grupos con cita previa, de 10-14h. Las reservas pueden realizarse a través del correo electrónico: ayuntamiento@tamajon.es

Entre los muchos aspectos relevantes de la geología de Tamajón, destaca la cantidad y variedad de restos paleontológicos encontrados en su entorno. Además, la singularidad paleontológica de Tamajón se debe a que

aparecen fósiles de tres tipos de organismos, ambientes y edades muy diferentes, algo poco habitual. Así, por un lado, hay un excepcional afloramiento con abundantes y valiosos fósiles de icnitas, es decir, hue-

llos fósiles, de reptiles (cocodrilomorfo, dinosaurios) y peces. Tiene una edad de 95 millones de años (Cretácico Superior) y se formó en un ambiente litoral, en un canal costero poco profundo y con influencia mareal.



Mapa del recorrido y ubicación de las paradas de la Geo-ruta 5. En línea discontinua, los recorridos a pie.

El segundo tipo de fósiles está en cierto sentido relacionado con el anterior, ya que se trata de organismos marinos que vivieron en el ambiente que se generó con posterioridad, al ir ascendiendo el nivel del mar. Así, lo que era una zona litoral en el anterior yacimiento se convirtió en una zona netamente marina hace 93 millones de años. Como la subida del mar fue progresiva, los restos paleontológicos que encontramos van

variando según cambiaba el ambiente. Así, primero encontramos organismos que vivían en ambientes marinos poco profundos, como bivalvos ostreidos y pequeños restos (crías) de antepasados de los tiburones y otros peces, a los que les siguen fósiles de otros organismos que habitaron ambientes ya netamente marinos abiertos, como braquiópodos, diversos bivalvos, cefalópodos (ammonites) y equinodermos.

Por último, el tercer tipo de fósiles es muy diferente de los dos anteriores y mucho más reciente. Durante el Cuaternario, grupos humanos ocuparon las numerosas cuevas existentes en los alrededores de Tamajón para asentarse, especialmente durante las fases más frías de la última glaciación, hace aproximadamente entre 115.000 y 11.000 años. Tanto es así, que el karst de Tamajón (ver parada 3-B) es la región ▶



Figura 1-1 Fachada del CIPAT, en Tamajón.

► de Guadalajara con más yacimientos paleolíticos, incluyendo restos paleontológicos humanos, tanto de neandertales como de cromañones. Además, los homínidos no estaban solos, sino que también se han encontrado abundantes fósiles de hienas, osos y leones de las cavernas, todos ellos antepasados de los actuales, pero de mayor tamaño, ya extinguidos y habitados a la vida en cuevas.

Para mostrar la singularidad paleontológica de Tamajón y sus alrededores, en el verano de 2021 fue inaugurado el Centro de interpretación Paleontológica y Arqueológica

de Tamajón (CIPAT). Este centro es el resultado de la colaboración entre el Ayuntamiento y la Universidad de Alcalá, donde un equipo de paleontólogos lleva desarrollando una intensa labor en esta zona desde hace décadas, en colaboración con investigadores de las universidades Complutense y Autónoma de Madrid.

La exposición del CIPAT se divide en tres áreas temáticas. La exposición comienza con el Área Paleontológica, que describe la diversidad de la vida costera y marina que habitó la región de Tamajón en el Cretácico Superior, tal y como hemos descrito bre-

vemente. Como pieza destacada y nada más entrar, se encuentra un modelo a escala real de uno de los cocodrilmorfos que habitaron esta región hace alrededor de 95 millones de años y que generaron algunas de las icnitas (huellas fósiles). Asimismo, se exponen originales y réplicas de icnitas de vertebrados, fósiles de plantas e invertebrados, incluyendo corales, braquiópodos, moluscos bivalvos, gasterópodos, cefalópodos, equinodermos, y algunos restos de peces y reptiles marinos, en especial dientes muy bien preservados que incluso aún conservan el esmalte a pesar de tener más de 90 millones de años de antigüedad. La segunda parte de la exposición es el Área Arqueológica, que incluye la sala de evolución humana y la dedicada a dar a conocer la piedra de Tamajón (ver parada 2). Por último, el Área Didáctica es un espacio en el que realizar actividades educativas que permiten conocer mejor el patrimonio natural y cultural de Tamajón. ■



Figura 1-2 Diferentes vistas del Área Paleontológica del CIPAT.



Figura 2-1 Aspecto de la cantera de calizas.

• PARADA 2: CANTERA DE CALIZAS



Cómo llegar: Desde Tamajón debemos tomar la pista que se dirige a Retiendas y a la piscina municipal, situada a 500 m del pueblo. Podemos venir hasta este punto andando o en vehículo, pero a partir de aquí recomendamos ir a pie, siguiendo las señales blancas y rojas del sendero de gran recorrido GR 10. Pasada esta bifurcación, tomaremos la pista que sale a la izquierda en un nuevo cruce (indicada en Google Maps como “inicio ruta de las Vagonetas”). Avanzando un kilómetro más llegaremos a la cantera, identificable por el hueco abierto en las calizas y los farallones. En total, son unos 3 km desde el pueblo (i+v).

En los alrededores de Tamajón hay numerosas canteras en las que se extrajeron calizas. Algunas estuvieron activas hasta épocas muy recientes, como esta, pero otras fueron explotadas hace ya siglos.

Una de las rocas que se extrajeron en las canteras de Tamajón fueron unas calizas de alta calidad que se utilizaron para la construcción de edificios de factura noble.

Las propiedades que hacían tan singular a esta roca

eran su alta resistencia, baja alterabilidad, baja densidad y alta dureza, lo que la convertía en una roca fiable, estable e ideal para trabajar los detalles. Pero también era importante su coloración dorada, que la hacía muy estética. Su fina y homogénea textura hacía que tuviera un aspecto muy uniforme, casi sin alteraciones, ideal para revestir edificios y darles un aspecto homogéneo. Por todo ello, entre los siglos XV y XVIII fue una roca usada en la construcción de importantes edifi-



Coordenadas

Geográficas:

ETRS89; 40°59'42.6"N, 3°15'51.0"W;

UTM: 47778, 4538253.

Google Maps:

40.995165, -3.264165

cios de la región central de España, como el Palacio del Infantado, la Iglesia de los Remedios o las columnas de la Iglesia Concatedral de Santa María La Mayor en Guadalajara, así como en otras iglesias, conventos, palacios o casonas de otras localidades de la provincia de Guadalajara.

Se trata de una caliza dolomítica del Cretácico Superior que aflora inmediatamente al Oeste de la localidad. La poca inclinación de las capas y la baja fracturación de la roca ➤

► permitieron obtener grandes bloques de los que se sacaban columnas, dinteles o sillares. Tal fue el prestigio de esta “calidad de referencia”, que la denominación “piedra de Tamajón” se aplicó por extensión a otras rocas calcáreas del Cretácico que afloran en localidades del pie del Sistema Central, ya sea en las provincias de Madrid o Guadalajara, como las empleadas en el Palacio Ducal de Cogolludo.

Para separar los bloques, durante siglos se utilizó el mismo método artesanal: se hacían incisiones en la roca donde se introducían cuñas de madera que se mojaban



Figura 2-2 Caliza de Tamajón.

y, al hincharse por la humedad, rompían la roca en bloques. En los alrededores de la localidad pueden encontrar

varias canteras más, testigos de esta importante actividad extractiva que dio prestigio a Tamajón. ■

• PARADA 3: ERMITA DE LOS ENEBRALES



Cómo llegar: Desde Tamajón seguiremos la carretera GU-186 en dirección a Campillo de Ranas y Majaelrayo. En 1 km se llega a la ermita de Los Enebrales, que está convenientemente señalizada. En el entorno de la ermita hay espacio para aparcar.



Coordenadas

Geográficas:

ETRS89: 41°0'57.6"N, 3°15'20.6"W;

UTM: 478497; 4540566. .

Aparece en Google Maps con la etiqueta:

“Ermita de la Virgen de los Enebrales”.

• PARADA 3-A: Cabalgamiento de Tamajón

○ En los alrededores de la ermita realizaremos dos paradas. En la primera centraremos la atención en un rasgo poco visible en el paisaje, pero de gran significado geológico. Se trata del cabalgamiento de Tamajón, un accidente tectónico de gran relevancia que es necesario deducir a partir de observaciones parciales.

Una de las reglas de la geología es que las rocas más modernas se sitúan sobre otras más antiguas. De esta manera, viendo una sucesión de rocas como la de la figura 3-1, asumiremos que las que están situadas más abajo son más antiguas. Sin embargo, esta sucesión que denominamos “normal” puede verse alterada en algunas situa-

ciones. Una de ellas son los cabalgamientos, que son un tipo de falla formada en zonas que han sufrido compresión tectónica. En este tipo de estructuras se produce un desplazamiento relativo que permite que las rocas del bloque inferior se superpongan sobre el otro, alterando el orden normal de la sucesión geológica (Fig.3-1). Así, las

rocas estratigráficamente inferiores, más antiguas, son empujadas hacia arriba, por encima de otras rocas más recientes. Aquí, frente a la ermita, se puede deducir la existencia de un cabalgamiento porque las pizarras del Paleozoico, de aproximadamente 465 millones de años de antigüedad (Ma), se superponen a las arenas, calizas y dolomías del Mesozoico, de aproximadamente 95 millones de años.

No es fácil observar el plano del cabalgamiento, es decir, la superficie que pone en contacto las rocas más antiguas sobre las más modernas. El movimiento de la falla alteró intensamente las rocas afectadas por el movimiento, de manera que actualmente son mucho más fácilmente alterables y, por tanto, vulnerables a la erosión. Como consecuencia,

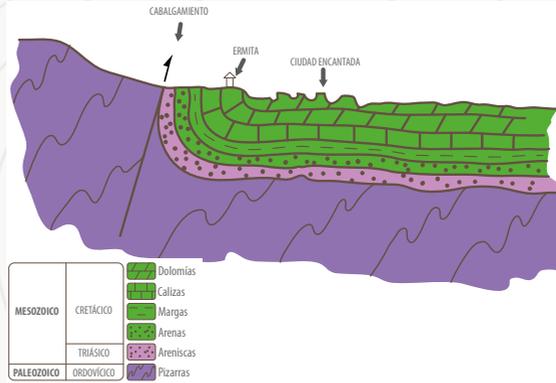


Figura 3-1 Esquema geológico del cabalgamiento de Tamajón. En él se observa cómo se superponen las pizarras del Paleozoico sobre las rocas del Mesozoico y se invierte el orden normal. Basado en Barea (2001).

en la superficie en la que se produjo el cabalgamiento se ha generado un potente suelo sobre el que la vegetación crece con facilidad, ocultando el plano de la falla que solo es visible en los taludes recientes de los pequeños arroyos que la cortan. Sin embargo, es fácil deducir la

existencia del cabalgamiento observando el paisaje, ya que es posible identificar que la parte alta de los cerros cercanos está formada por las pizarras grisáceas, mientras que la base está formada por arenas y arenas de color rojizo y blanco, respectivamente (Fig.3-2).



Figura 3-2 Vista del cabalgamiento desde las cercanías de la ermita mirando hacia los cerros que se encuentran al Oeste.

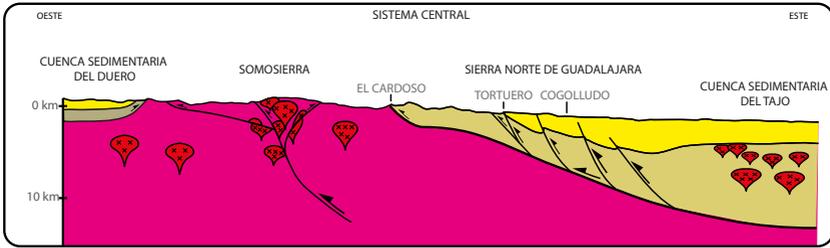


Figura 3-3 Esquema del Sistema Central y significado de los cabalgamientos desarrollados durante la Orogenia Alpina en el borde sur, muchos de ellos situados en el Parque Natural de la Sierra Norte de Guadalajara. Basado en De Vicente et al. (2022).

► Para entender el significado de este cabalgamiento es necesario ampliar el punto de mira y revisar la estructura del Sistema Central como conjunto. Esta cadena montañosa, que atraviesa el centro peninsular desde Guadalajara hasta Portugal, se elevó durante el Cenozoico, en la orogenia Alpina, fundamentalmente en dos pulsos diferentes (ver historia geológica, episodio 4). El empuje de la placa tectónica africana hacia el norte provocó que la placa Ibérica, situada entre aquella y la Europea, fuera aprisionada entre ambas. El resultado fue en primer lugar la elevación del Pirineo, que se inició hace 45 millones de años. Algo más tarde, los esfuerzos se desplazarían a la zona centro, provocando la elevación del Sistema Central, levantando el sustrato casi 5 km sobre las cuencas sedimentarias del Duero y del Tajo (Fig.3-3). Esta elevación se produjo hace entre 25-35 millones de años mediante una serie de cabal-

gamientos, que son fallas inversas de cierta entidad y que generan los sistemas montañosos. En el caso del Sistema Central, en el borde sur se crearon varios cabalgamientos superpuestos y unidos en profundidad que se sitúan en el Parque Natural, como los de Almiruete, Tamajón, Tortuero, Muriel o Valdesotos (Fig.3-3). Mediante estos cabalgamientos y como resultado de la compresión tectónica, se estima que la corteza terrestre se acortó 8 kilómetros. Aunque estos cabalgamientos permanecieron activos durante millones de años, hay que entender que no produjeron la elevación de manera continua y progresiva, sino mediante episodios bruscos, es decir, terremotos. Así que la elevación del Sistema Central se produjo por la acumulación de esfuerzos compresivos que generaron fallas donde se liberó la energía mediante terremotos que fueron levantando el terreno en numerosos pulsos. A día de

hoy, los cabalgamientos del Sistema Central están inactivos, excepto los del extremo occidental de Portugal. La vegetación predominante en el entorno de la Ermita de los Enebrales es el sabinar albar (*Juniperus thurifera*). Se trata de un tipo de bosque que se desarrolla habitualmente sobre suelos de naturaleza carbonatada, en ambientes continentales del Mediterráneo occidental. La singularidad del sabinar de Tamajón radica en su propia ubicación, ya que se desarrolla justo en la zona de contacto entre materiales paleozoicos silíceos (pizarras y cuarcitas) y mesozoicos calizos, situación única para estos bosques a nivel regional y que se repite en algunos otros puntos del Sistema Central (Madrid y Segovia). Esta expansión sobre sustratos silíceos se ha puesto más en evidencia en los últimos años, principalmente debido a la reducción de la carga ganadera en la zona. ■



Figura 3-4 Dolina ("torca") situada detrás de la ermita de Los Enebrales.

• PARADA 3-B: Ciudad Encantada y karst de Tamajón



Cómo llegar: Esta parada se realiza en el mismo lugar que la parada anterior, la Ermita de los Enebrales. Desde la propia ermita, iremos a la parte posterior de la misma (Norte) para observar un gran hueco que hay allí. Luego, caminaremos por la senda que recorre la zona, siguiendo el recorrido que se propone en la Fig. 3-5.



Coordenadas

Geográficas:

ETRS89: 41°0'57.6"N, 3°15'20.6"W;

UTM: 478497; 4540566.

Aparece en Google Maps con la etiqueta "Ermita de la Virgen de los Enebrales".

Una vez de vuelta en la ermita, nos dirigiremos a la parte posterior (Norte) de la misma. Allí es posible apreciar, semioculta entre la vegetación, una gran depresión que se corresponde con una dolina. Estas depresiones, de origen kárstico, popularmente se denominan torcas (Fig.3-4). Se formó como resultado del colapso (hundimiento) de una galería subterránea. En un momento determinado, el techo del conducto se hundió, creando un hueco cuyas escarpadas paredes laterales se han ido regulari-

zando. Esta dolina refleja la existencia de un karst subterráneo, es decir, un conjunto de conductos, pozos y galerías que horadan el subsuelo de la zona, por las que circulaba el agua. Además, viniendo desde el pueblo por la carretera hacia la ermita ya hemos podido observar los particulares escarpes de la llamada "ciudad encantada", otro rasgo típico de las zonas kársticas. Todo este conjunto forma parte del macizo kárstico de Tamajón. Con la palabra karst se denomina al conjunto de procesos, formas del terreno

y paisajes relacionados con la disolución y precipitación de las rocas. El karst es típico de aquellos lugares donde afloran rocas solubles, como las calizas, dolomías o yesos, y este proceso se puede producir en superficie (karst superficial o exokarst) o en profundidad (karst subterráneo o endokarst). Para que el karst alcance un desarrollo importante y la disolución y precipitación sean eficaces, no sólo es necesaria la presencia de rocas solubles; también es determinante la participación de ➤



Figura 3-5 Esquema del recorrido propuesto en el karst de Tamajón, que se recorre en aproximadamente 1 hora.

► otros factores, como la disponibilidad de agua en forma de lluvia y/o nieve, la temperatura ambiental y del agua, o la fracturación de las rocas. La palabra

karst procede de Eslovenia, donde este tipo de modelado alcanza un espectacular desarrollo. Entre los elementos formados por efecto de la disolución de

las rocas, destacan las dolinas (torcas), megalapiaces (llamados popularmente “ciudades encantadas de roca”) y las cavidades (cuevas y simas).

El macizo kárstico de Tamajón tiene una extensión de 15 km², y, en realidad, se extiende también por su pedanía de Almiruete y por los términos municipales de Retiendas y La Mierla. A pesar de su pequeña extensión, presenta una gran variedad de elementos kársticos, como lapiaces, cuevas, arcos, dolinas, etc. De hecho, es esta variedad de elementos singulares lo que lo diferencia de otros macizos kársticos próximos. Así, cabe destacar su relativa riqueza en formas tanto superficiales como subterráneas, así como el interés paleontológico y arqueológico de sus abrigos y cavidades, tal y como ya se mencionó en la parada 1. La importancia de la infiltración del agua por los conductos kársticos es tal que no existen cursos fluviales importantes en todo el macizo. El agua de lluvia se infiltra en el subsuelo, se distribuye por las redes subterráneas y termina saliendo a la superficie en surgencias y manantiales, como el situado en el arroyo de las Damas, cerca ya de Retiendas.

El karst está más desarrollado en el borde septentrional del macizo (justo donde nos encontramos), ya que las rocas susceptibles de disolverse y generar el karst forman un conjunto más homogéneo y de más espesor. Es precisamente en los alrededores de la Ermita de Los Enebrales, donde el con-



Figura 3-6 Relieves ruiformes de la “ciudad encantada” de Tamajón.

junto calcáreo-dolomítico alcanza los 120 m de espesor. Estas mismas rocas aparecen en otros lugares del Parque Natural y originan también formas kársticas, como por ejemplo formando las paredes de los cañones del Jarama entre Retiendas y Valdesotos (Geo-ruta 6), o las que bordean a la laguna de Somolinos, en el Monumento Natural de Sierra de Pela y Laguna de Somolinos (Geo-ruta 3).

Existen varias sendas que recorren la zona, a ambos lados de la carretera. Proponemos un itinerario en el que se pueden observar algunos de los rasgos más destacados (Fig.3-5). Es importante ser respetuoso y no pisar los sembrados ni entrar en las cavidades.

El recorrido lo comenzaremos cerca de la ermita, dirigiéndonos hacia el Este por una pista siguiendo las marcas del GR 60 (señaliza-

do con un poste con marcas blanca y roja). De esta manera nos adentraremos en el bosque y veremos numerosas morfologías. Más adelante abandonaremos el GR para completar un recorrido circular que nos llevará de nuevo a la ermita. Desde la ermita, cruzaremos la carretera y visitaremos el otro sector del karst, situado más al sur (Fig.3-5).

Uno de los rasgos más singulares de esta zona kárstica son las conocidas popularmente como “ciudades encantadas”. Son resultado de la erosión y disolución diferencial de las rocas, que generan caprichosos relieves. Se originan en zonas donde la inclinación de las capas es prácticamente horizontal. Las morfologías son muy variadas, destacando los torreones o tormos (Fig.3-6), pináculos y arcos naturales con alturas de hasta 10 m, y suelen ➤



Figura 3-7 Morfologías características del karst de Tamajón: 1) arco de roca, 2) conducto subterráneo exhumado, 3) cavidades y 4) grandes abrigos. Ver ubicación en figura 3-5.

► encontrarse como relieves residuales y ruiniiformes se han desarrollado donde predomina la composición más dolomítica de la roca. Por ello, no se encuentran relieves ruiniiformes en otras zonas del macizo kárstico de Tamajón donde los niveles dolomíticos están poco desarrollados o ausentes.

En esta zona también destacan las cavidades, de las cuales existen más de 60 cuevas y simas, que en total suman aproximadamente 2,6 km de galerías exploradas. Lo normal es que tengan poco desarrollo, pues ninguna supera los 500 m de galerías subterráneas y la más profunda alcanza los 55 m de profundidad. Mu-

chas de las cuevas y abrigos de la zona han sido utilizados por el hombre desde el Paleolítico superior, y se han encontrado evidencias de ello gracias a las excavaciones arqueológicas realizadas en el abrigo de Los Enebrales y en la Cueva de los Torrejones, entre otras. En el CIPAT (parada 1) podrás encontrar más información al respecto. Este no es el único sitio del Parque Natural y su entorno donde se han desarrollado cuevas. También las hay en los macizos kársticos de Muriel, Valdepeñas de la Sierra, Somolinos y Alcorlo, aunque en todos los casos con menor desarrollo que en Tamajón.

Respecto al origen de este conjunto kárstico, debemos

remontarnos a las etapas de formación del Sistema Central. Hasta entonces, las rocas calcáreas y dolomíticas cretácicas estuvieron cubiertas por rocas posteriores (serie paleógena), fundamentalmente arcillas y yesos, que no permiten la infiltración del agua, por lo que no sufrieron karstificación (episodio 3 de la historia geológica, ver pág.7). Una vez formados los relieves del Sistema Central, los materiales cretácicos comenzaron a quedar al descubierto debido a procesos de erosión. Entonces, las aguas subterráneas empezaron a actuar sobre la roca, a favor de los planos de estratificación y otras discontinuidades, formando los primeros conductos y galerías.

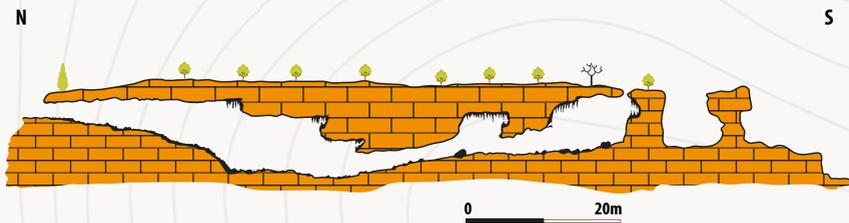


Figura 3-8 Esquema de una cavidad típica del karst de Tamajón. Se desarrolla fundamentalmente con galerías horizontales a favor de la estratificación de las rocas. Basado en Fernández y Martín (1990).

Una singularidad que se aprecia muy bien en esta zona es la existencia de conductos freáticos y epifreáticos. Los primeros se forman en la zona del karst que está permanentemen-

te inundada, incluso en los secos meses de verano. Así, el conducto está siempre completamente lleno de agua en circulación. Por el contrario, la zona epifreática es la que se inunda pe-

riódicamente, según las variaciones del nivel del agua subterránea. La sección de ambos tipos de conductos es diferente (Fig.3-9), y mientras que en los freáticos suele ser ovalada con el eje mayor en la horizontal, en los epifreáticos es habitual que tengan forma de herradura con la parte inferior más estrecha, reflejando el encajamiento de la red fluvial que “rebaja” la parte inferior del conducto. Otro aspecto visible en esta zona es que la erosión ha dejado al descubierto antiguos conductos que conservan parcialmente su morfología, siendo posible hacerse una idea de su forma (ver Fig. 3-9, derecha). ■



Figura 3-9 Arriba: Conducto freático. Abajo a la izquierda: conducto epifreático. Abajo a la derecha: antiguo conducto “desmantelado” y, actualmente, al descubierto.





Figura 4-1 Vista de la laguna de Tamajón.

• PARADA 4: ÁREA RECREATIVA DE LA LAGUNA DE TAMAJÓN



Cómo llegar: la laguna de Tamajón se sitúa a un kilómetro escaso de la población. Hay varias maneras de llegar a ella: 1-Caminando 800 metros: desde la iglesia de la Asunción, tomamos la calle Reguera de la Hoz, que se dirige hacia el Este, pasando por delante de una antigua cantera de arenas (Parada 4-B). Desde allí, ya veremos a nuestra derecha la laguna y el merendero que hay en su orilla, a un centenar de metros. En total el paseo nos llevará 15 minutos; 2- En vehículo: Salimos de Tamajón por la GU-143 en dirección a Cogolludo y, a 1 km de la población, veremos un poste que señala la laguna junto a un área recreativa.



Coordenadas

Geográficas:

ETRS89: 41°00'06.3"N,
3°14'26.8"W;

UTM: 479763, 4538984.

Aparece en Google Maps con la etiqueta "LAGUNA DE TAMAJÓN".

• PARADA 4-A: La Laguna de Tamajón

La laguna de Cantarranas o lagunilla de Tamajón es un pequeño humedal con vegetación de juncal y especies de flora acuática, en el que encuentran refugio aves acuáticas como azulones, gallinetas y garzas reales y diversas especies de anfibios de interés. Se asienta sobre unas arenas que también podemos

ver en las laderas de los cerros que rodean al pueblo. Se trata de una formación geológica de arenas ricas en caolín muy frecuentes en toda la Cordillera Ibérica y que, por lo tanto, son habituales en los paisajes de Guadalajara, Cuenca, Teruel y Soria, entre otros lugares. Se denominan "Arenas de Utrillas", porque fueron descritas geológicamente

en esa localidad de la provincia de Teruel. Se trata de arenas predominantemente de color blanco, aunque con niveles verdosos, violáceos y ocre, poco cementadas y con niveles de gravas. Tradicionalmente han tenido interés económico porque, con cierta frecuencia, incluyen niveles locales de carbón, que han sido explotados ge-

neralmente de manera artesanal. Además, contienen caolinita, que es útil en muchos procesos industriales, por lo que han sido explotadas en grandes canteras. Precisamente ese contenido en caolín es el que proporciona a estas arenas cierta impermeabilidad. Aunque permiten que el agua se infiltre hacia el subsuelo a través de los poros existentes entre los granos de cuarzo de las arenas, hay intercalados niveles cemen-

tados que frenan la infiltración. A eso hay que sumar que el caolín, formado por partículas de muy pequeño tamaño, con frecuencia obtura muchos de los poros entre las arenas. El resultado es una infiltración muy lenta, de manera que el agua queda retenida en superficie y se forman humedales y pequeñas charcas. A la impermeabilidad proporcionada por las arenas hay que sumar que estas se apoyan sobre una forma-

ción geológica rica en arcillas y yesos. Precisamente la disolución de los yesos origina en ocasiones depresiones no muy profundas pero lo suficiente como para albergar pequeñas lagunas como esta. Además, las arcillas proporcionan impermeabilidad al sustrato, favoreciendo también la formación de pequeños humedales. La acción combinada de todos estos factores provoca la existencia de esta laguna. ■

• PARADA 4-B: Cantera de arenas



Figura 4-2 Aspecto de las arenas sobre las cuales se forma la laguna, en la cantera abandonada. Aunque aquí presentan un color gris, es común que en afloramientos cercanos presenten tonalidades muy variadas: blancas, amarillentas, verdosas e incluso moradas.

○ Para ver mejor estas arenas sobre las que se asienta la laguna, se puede dar un paseo hasta la cantera abandonada que hay entre la laguna y la iglesia de la Asunción. De hecho, si hemos venido caminando desde el pueblo, habremos pasado por delante. Si no,

basta con rodear la laguna en sentido horario y llegaremos a una pista desde donde se ven ya los areneros. En la cantera es fácil observar la estructura interna de las arenas, con sus característicos colores y la presencia de cantos en niveles. Estas arenas se formaron



Coordenadas

Geográficas:

ETRS89: 41°00'09.0"N, 3°13'31.5"W;

UTM: 479641, 4539062.

Google Maps:

41.002496, -3.242082.

hace alrededor de 95 millones de años. Teniendo en cuenta lo extensa que es el área que ocupan, es fácil entender que se formaron en ambientes variables según su ubicación. Así, han sido interpretadas como arenas fluviales, litorales e incluso pertenecientes a enormes desiertos.

En los alrededores de Tamañón tienen un espesor de 30 metros. En la base son frecuentes niveles de cantos de cuarcita, algunos de gran tamaño (superando incluso los 15 cm), mientras que ➤

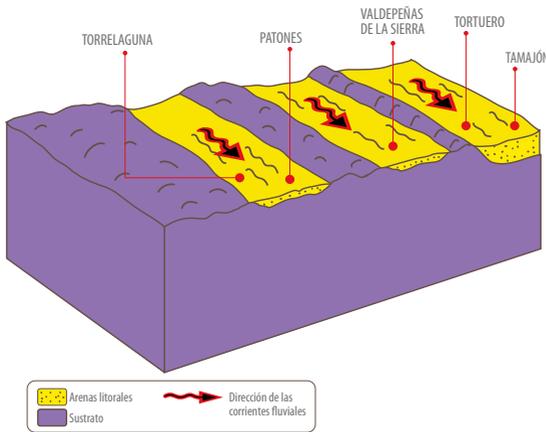


Figura 4-3 Interpretación de los diferentes canales fluviales donde se depositaron las “arenas de Utrillas” en la zona centro peninsular, en el límite entre las provincias de Madrid y Guadalajara. Los espesores de esta formación geológica son mayores cuanto más al Este. Basado en Guidi et al. (2005).

► en la parte superior aparecen niveles margosos y arcillosos. Por ello, se considera que en los alrededores de Tamajón estas arenas se acumularon en ambientes fluviales que evolucionaron hacia zonas costeras. Así, corresponden a sedimentos acumulados en canales fluviales y, en otras ocasiones,

en llanuras de inundación. Dada la extensión de los afloramientos de estas arenas, está claro que no podían pertenecer al mismo curso fluvial, aunque su estudio muestra que las direcciones de corriente eran similares. Así, en esta zona de las provincias de Guadalajara y Madrid, los estudios

indican que se acumularon en corrientes que llevaban una dirección NO-SE. Eso significa que se acumularon en diferentes ríos, pero paralelos y pertenecientes al mismo sistema fluvial, pues tendrían la misma cabecera (la composición de las arenas es muy similar en todos ellos) y tenían la misma dirección (hacia el SE) (Fig.4-3). En un tramo más cementado de estas arenas, interpretado como un canal arenoso con influencia de las mareas, es donde han aparecido algunos de los icnofósiles que se exponen en el CIPAT (ver parada 1). Esto es muy excepcional porque no es habitual que se conserven fósiles en este tipo de litologías, ya que en pocas ocasiones este tipo de ambientes sedimentarios, relativamente energéticos, permite la conservación de los fósiles en general y de los icnofósiles en particular. En las siguientes paradas volveremos a encontrarnos con esta singular formación geológica, presente en el centro y Este de la Península Ibérica. ■

HACE 245 MILLONES DE AÑOS

De camino a la siguiente parada, veremos junto a la carretera unas areniscas rojizas muy llamativas (Fig.4-4). Están formadas por granos y cantos de cuarcita. Se acumularon en sistemas fluviales a comienzos del Triásico, hace alrededor de 245 millones de años. Son conocidas como areniscas del Buntsandstein, que en alemán significa “areniscas de varios colores”. Se formaron como resultado de la compactación de las arenas y gravas que arrastraron torrentes y ríos de aquella época.



Figura 4-4 Aspecto de los afloramientos de las "Areniscas del Buntsandstein" en los alrededores de Sacedoncillo.

• PARADA 5: CABALGAMIENTO DE MURIEL Y ERMITA DE PEÑAMIRA



Cómo llegar: Desde la anterior parada, tomaremos el desvío por la carretera GU-143 que nos llevará hasta la población de Muriel. Una vez aquí recomendamos dejar el vehículo en su entrada o, en su defecto, cruzar el pueblo y aparcar junto a las canchas de fútbol y baloncesto. Desde ahí mismo sale una pista (cerrada al tráfico rodado con una cadena) que deberemos seguir. El recorrido total de esta parada es de 2 h (i+v).

La pista que sale desde la parte Oeste del pueblo, junto a la cancha de fútbol, se dirige a la ermita de Peñamira, por lo que es un recorrido muy popular. Sin embargo, para nosotros

el principal atractivo de este recorrido es la existencia de un cabalgamiento, que se puede observar a mitad de camino hacia la ermita. Al ir avanzando por la pista, veremos en algún claro



Coordenadas

Geográficas:

ETRS89: 40°58'58.4"N, 3°11'47.6"W;

UTM: 483465, 4536875.

Aparece en Google Maps con la etiqueta:

"INICIO DE LA RUTA A LA ERMITA DE PEÑAMIRA"

de la vegetación las arenas blancas de mediados del Cretácico medio, que son muy características en toda esta región (fig.5-1). Son



Figura 5-1 Vista desde las laderas de la pista Muriel-Ermita de Peñamira, donde se puede interpretar el cabalgamiento.

las conocidas como “arenas de Utrillas”, y las hemos descrito con detalle en la parada 4. Su identificación será esencial para deducir la existencia de un cabalgamiento que veremos más adelante.

Deberemos seguir por la pista sin desviarnos en la dirección de la ermita, pasando de largo un desvío desde donde salen diversos itinerarios para BTT señalizados con un poste. Aproximadamente a 3,5 kilómetros desde que salimos del pueblo, la pista traza una marcada bajada hacia el arroyo del Madroñal, con una curva fuerte hacia la derecha.

Desde este lugar, nada más pasar la curva, podremos ver enfrente de nosotros el cabalgamiento (*Coordenadas Geográficas: ETRS89; 40°57'47.0"N, 3°12'48.9"W; UTM: 482027, 4534677. Google Maps: 40.963050, -3.213577*).

Como suele ocurrir con los cabalgamientos en esta zona, no es muy fácil identificar el plano de falla que lo define (Fig.5-3), pero sí es fácil identificar en el paisaje que la sucesión de las rocas es anómala (ver pág. 16 para conocer qué es un cabalgamiento). Las arenas que vimos anteriormente de camino hasta aquí se

formaron hace alrededor de 95 millones de años. Por encima de ellas es fácil ver las pizarras de color gris, que son mucho más antiguas, pues son del Ordovícico medio, hace alrededor de 460 millones de años. El cabalgamiento ha permitido invertir la serie, y que rocas más antiguas se sitúen sobre otras más modernas. Esta es una disposición anómala de la serie geológica que, si nada la ha perturbado, sitúa rocas más antiguas debajo de otras más modernas, tal y como hemos descrito en la parada 3-A.

Si subimos por la ladera y nos acercamos a ver el contacto



Figura 5-2 Detalle del plano del cabalgamiento, donde se aprecia cómo las pizarras grises se superponen (zona superior de la imagen) a las arenas blancas (zona inferior).

entre las pizarras y las arenas, podremos ver cómo en algunos de los cortes no vegetados se aprecia el plano del cabalgamiento a favor del cual se colocan las primeras sobre las segundas (Fig.5-2). La estructura es más fácil de entender en un corte

geológico (Fig.5-3), que es una representación en dos dimensiones de la geología por debajo de nuestros pies. Las rocas del Mesozoico están plegadas y cabalgadas por las pizarras en su extremo occidental. De esta manera, hay calizas y

dolomías a ambos lados del embalse de Beleña, como se puede observar en la ermita de Peñamira. De hecho, forman parte la misma serie, que aparecen a ambos lados porque forman parte de un pliegue anticlinal (Fig.5-3).

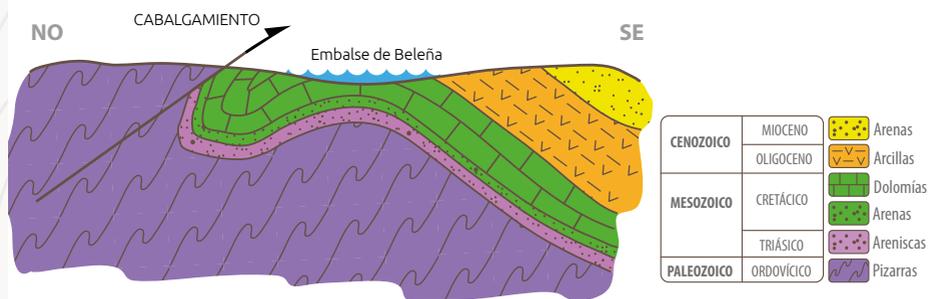


Figura 5-3 Esquema geológico del cabalgamiento de Muriel. Basado en De Vicente et al. (2009).

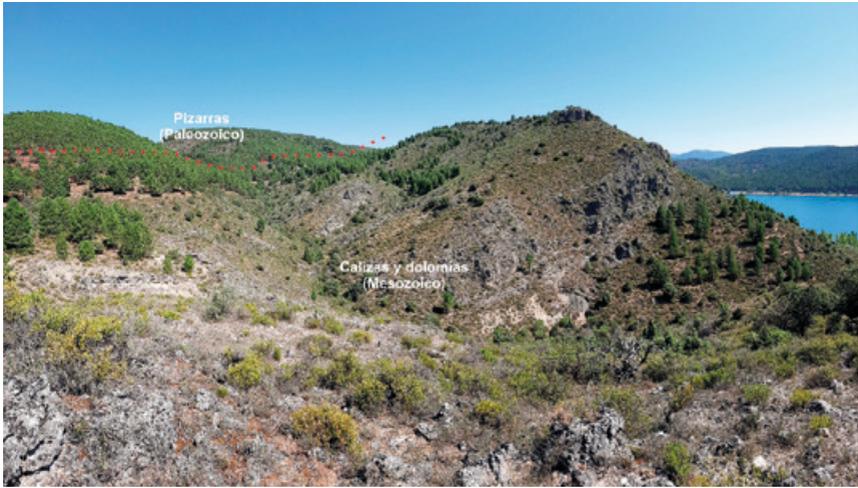


Figura 5-4 Vista panorámica del cabalgamiento.

Continuando por la pista, un kilómetro más adelante llegamos a un alto con buenas vistas al embalse de Beleña, desde donde sale una senda hacia la izquierda en sentido descendente, marcada con un poste. Tomaremos esa senda que nos dirige directamente a la ermita de Peñamira en un kilómetro y medio más. De camino hacia la ermita, nada más tomar la senda que sale de la pista, si miramos hacia atrás podremos ver con más perspectiva la posición anómala de las pizarras sobre las arenas y calizas (Fig.5.4).

Estos cabalgamientos, como el de Tamajón (parada 3-A) y Almiruete (geo-ruta 2), son una singularidad geológica

a escala nacional. Por ello, están incluidos en el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG, <http://info.igme.es>).

BIBLIOGRAFÍA

- Barea, J. (2001). Geomorfología y evolución paleoclimática durante el Cuaternario a partir del estudio de los macizos kársticos de los bordes del Sistema Central y de Valporquero, León. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 257 pp.
- Barroso-Barcenilla y colaboradores. (2017). El Cenomaniense-Turonense de Tamajón (Guadalajara, España): contexto geológico, contenido fósil e interpretación paleoambiental. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. Geol., 111, 67-84.
- Barroso-Barcenilla, F., Berrocal-Casero, M., Callapez, P.M.,

- Conde-Valverde, M., García-Voces, S., Martínez-Mendizábal, I., Ozkaya de Juanas, S., Rodríguez García, S., Segura, M. (2024). Un viaje en el tiempo para descubrir Tamajón: De las costas y los mares del Cretácico a la actualidad. Universidad de Alcalá y Ayuntamiento de Tamajón. 55 pp.
- De Vicente, G. (2009). Guía ilustrada de los cabalgamientos alpinos en el Sistema Central. Reduca (Geología), Serie Geología Regional, 1, 15 p.
- De Vicente, G. y Muñoz-Martín, A. (2013). The Madrid Basin and the Central System: A tectonostratigraphic analysis from 2D seismic lines. Tectonophysics, 602, 259-285.
- Fernández, M., Martín, P. (1990). Catálogo de cavidades de Guadalajara. Federación Madrileña de Espeleología. 138 pp.



GEO
rutas



PARQUE NATURAL
SIERRA NORTE
DE GUADALAJARA



DESCARGA AQUÍ
TODA LA INFORMACIÓN
DE LA GEO-RUTA 5



PARQUE
NATURAL
SIERRA NORTE
DE GUADALAJARA
Red de Áreas
Protegidas de CLM



Castilla-La Mancha