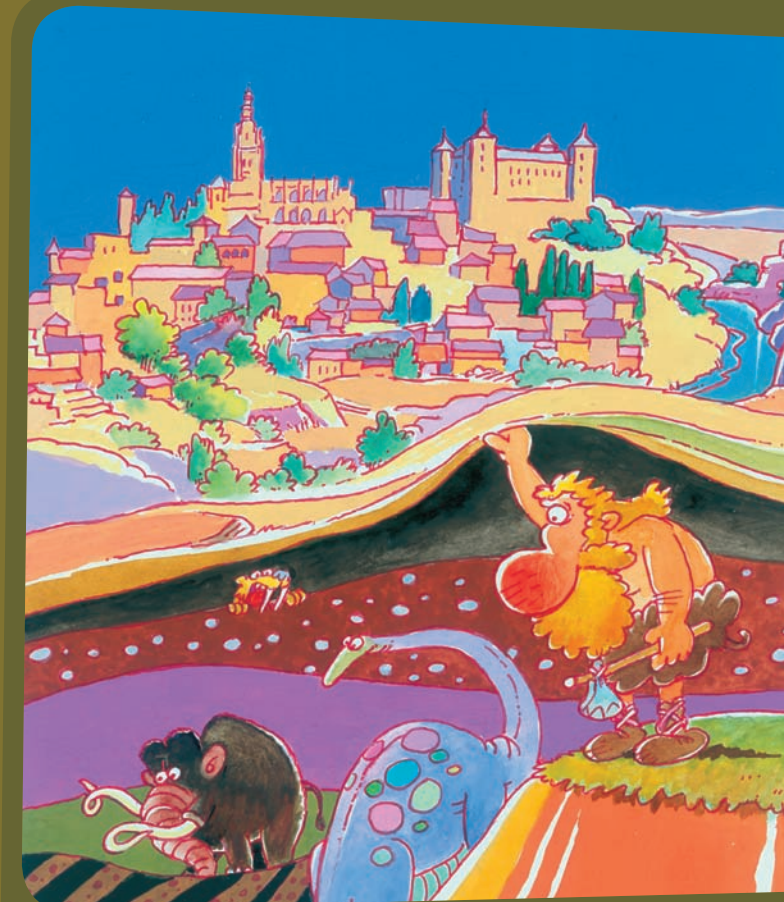




paseo Geológico

POR LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE TOLEDO



paseo Geológico

POR LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE TOLEDO





paseo Geológico

POR LOS ALREDEDORES DE LA **CIUDAD DE TOLEDO**

Alonso Azcárate, Jacinto

Paseo Geológico por los alrededores de la ciudad de Toledo / Jacinto Alonso Azcárate, Andrés Díez Herrero; dibujos José Orcajo de Francisco. -- (Toledo): Cuarto Centenario, 2007. -- 92 p.:il. col. y n.; 24 cm.

Bibliografía: p. 80-88

1. Geomorfología - Toledo. 2. Toledo - Descripción. I. Díez Herrero, Andrés. II. Orcajo de Francisco, José. III. Título. 551(460.285)

Sobre los autores:

- **Jacinto Alonso Azcárate**, Profesor Titular de la Facultad de Ciencias del Medio Ambiente, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). Avda. Carlos III s/n, 45071 Toledo. Telf. 925268800 (ext. 5421). Correo electrónico: jacinto.alonso@uclm.es
- **Andrés Díez Herrero**, Investigador Titular del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente. C/ Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. Telf. 913495966. Correo electrónico: andres.diez@igme.es

Créditos de la obra:

- **Selección de contenidos y textos:** Jacinto Alonso Azcárate y Andrés Díez Herrero, salvo los extractos de otras obras citadas en el texto.
- **Dibujos de las viñetas del cómic y portada:** José Orcajo de Francisco, basados en idea original de Andrés Díez Herrero.
- **Ilustraciones y esquemas:** Jorge Soler Valencia, Andrés Díez Herrero y otras entidades referidas en el texto (Pearson Educación S.A., Google Earth, Junta de Comunidades, Ayuntamiento de Toledo...).
- **Fotografías:** Jacinto Alonso Azcárate, Andrés Díez Herrero y otras personas referidas en el texto.
- **Colaboran:** Área de Riesgos Geológicos del IGME, Facultad de Ciencias del Medio Ambiente de la UCLM, Vicerrectorado del Campus de Toledo de la UCLM, Servicio de Medio Ambiente de la Diputación de Toledo, Centro de Estudios Juan de Mariana, Arturo Ruiz Taboada (Estudio de Arqueología), Gerardo Benito (CSIC), la Escuela Taller Municipal de Toledo e Isabel Rábano (Museo Geominero, IGME).

- **Maquetación y diseño:** IMP comunicación.
- **Edita:** IV Centenario.
- **ISBN:** 978-84-611-7742-4
- **Depósito Legal:** TO-833-2007

PRÓLOGO

Son muchas las guías que se han escrito sobre la ciudad de Toledo y sin embargo, son pocas, por no decir casi ninguna, las que hacen mención a su riqueza geológica y paleontológica.

Desde el inicio del turismo a comienzos del siglo XX, la imagen de la ciudad de Toledo se ha difundido por el mundo y son muchos los que conocen sus monumentos y los principales hechos históricos que tuvieron lugar a lo largo de su apasionante historia. Este reconocimiento ha podido influir en que otros aspectos igualmente interesantes, hayan ido quedando olvidados, al menos en lo referente al gran público, que desconoce la peculiar riqueza que se atesora entre las formaciones geológicas de la ciudad.

La mejor muestra de esta situación la tenemos en la escasa bibliografía divulgativa de la que disponemos, que prácticamente se reduce a un precioso libro de Joaquín Gomez de Larena publicado en el año 1923 con el título de *“Guía de los alrededores de Toledo”*, que constituye un monumento a los esfuerzos de todos los que un día estuvieron relacionados con la Institución Libre de Enseñanza.

Una publicación con estas características debía haber sido un reclamo más que suficiente para que luego vinieran otras con las que conocer y divulgar la riqueza de nuestro Patrimonio natural. Por desgracia no fue así y salvo algunos trabajos de Máximo Martín Aguado, hemos tenido que esperar más de 80 años para volver a disponer de una obra actualizada como es la que ahora presentamos, en la que el rigor no está reñido, ni mucho menos, con la divulgación.

Esta vez estamos seguros de que este *“Paseo geológico por los alrededores de la ciudad de Toledo”* es la primera de una amplia serie de obras similares y que no hará falta esperar otros 80 años para que volvamos a tener nuevas aportaciones de un tema que está llamado a tener, por derecho propio, el protagonismo que merece.

INTRODUCCIÓN

En el mundo de inicios del siglo XXI priman aspectos derivados de la globalización, de forma que los problemas ambientales (cambio climático, capa de ozono, desertización, pérdida de diversidad...) y sociales (pobreza, terrorismo, pandemias, deterioro del patrimonio cultural...), que antes se percibían y trataban de solucionar en ámbitos locales y regionales, cada vez requieren más la adopción de medidas globales e integradas. Sin embargo, el ciudadano no posee por sí mismo capacidad de actuar sobre la problemática global salvo a través de pequeñas acciones cotidianas y de sus representantes políticos y sociales, por lo que cada vez es más frecuente escuchar el eslogan que proclama “piensa globalmente y actúa localmente”.

Para que la Sociedad sea capaz de actuar localmente ante los problemas ambientales y sociales, se debe partir de un profundo conocimiento del medio en el que éstos se producen, ya que de otra manera se pueden adoptar medidas faltas de lógica y efectividad. En este sentido, son muchos los que opinan que la educación ambiental no debe concebirse como una nueva disciplina dogmática que trate de transmitir valores y actitudes, sino como una materia que, a partir del profundo conocimiento de los sistemas naturales y su funcionamiento, conduzca al respeto y conservación de la Naturaleza. Por ello, en la formación de los ciudadanos del futuro es básico introducir desde los niveles de la educación primaria, unos sólidos fundamentos del conocimiento del medio natural y social en el que se van a desenvolver; primero, de su entorno espacialmente más inmediato (Toledo, la provincia, Castilla-La Mancha, España y Europa), y luego del conjunto global.

En esta línea argumental, el objetivo del presente libro-folleto es acercar al ciudadano de a pie la riqueza y diversidad natural (geodiversidad) que subyace en los recursos geológicos del entorno de la Ciudad de Toledo. La finalidad de esta aproximación divulgativa no es otra que concienciar sobre la importancia de la conservación y mejora de este rico patrimonio natural y cultural, y su interés para la utilización didáctica, científica y divulgativa.

Para ello, la obra se ha estructurado en dos partes netamente diferenciadas: un primer bloque en el que se hace un recorrido por la historia geológica de Toledo

(“Un viaje en el tiempo”), que se ha tratado de amenizar mediante la elaboración de un cómic cuyas 18 viñetas, en tono humorístico, recogen algunos de los principales acontecimientos y procesos de los últimos 600 millones de años de la historia de la actual ubicación de Toledo; y por otro lado, una excursión o paseo (“Un viaje en el espacio”), donde se proponen una serie de paradas con unas observaciones y contenidos con el hilo conductor del tiempo geológico, que permiten interpretar muchos de los acontecimientos y procesos de la citada historia geológica, y su repercusión en el paisaje y la historia de Toledo.

La excursión, núcleo fundamental de la obra, ha sido realizada ya con antelación en el marco de varias ediciones de la Feria de Minerales y Fósiles de Toledo (ahora Jornadas de Geología y Paleontología), organizadas por la Diputación Provincial, y no deja de ser una simple propuesta susceptible de modificaciones, tanto en el orden de las paradas como en la ubicación y número de las mismas. A modo de recomendaciones, y debido a la extrema climatología de Toledo, se aconseja realizar el recorrido aprovechando las estaciones intermedias (primavera u otoño), y así evitar los rigores estivales e invernales. También iniciarla a primera hora de la mañana, para concluir a la hora del almuerzo (si se hacen los recorridos intermedios en vehículo) o media tarde (si se hacen andando); en ambos casos conviene tener precaución con el tráfico de vehículos, y los desniveles del terreno, ya que la excursión discurre próxima a carreteras y por terrenos algo accidentados. Igualmente, se recomienda ir provisto tanto de material de protección contra las inclemencias atmosféricas (ropa de abrigo o ligera, gorra, protector solar...), como para facilitar las observaciones propuestas (cámara de fotos, martillo, libreta y lapicero, bote de cristal con agua fuerte, lupa...)*. En este sentido, se puede aprovechar mucho mejor la visita si previamente se hace una labor de lectura y documentación de las paradas, aprovechando para ello no sólo este libro, sino la bibliografía que figura al final del mismo (“Para saber más”).

Los autores desean que tanto la selección de contenidos como el abundante material gráfico de la obra, ayuden al lector a comprender mejor unos fenómenos naturales frecuentemente eclipsados por la espectacularidad de la actividad de la fauna y la flora, pero que no tienen nada que envidiar al interés que éstas suscitan entre el público naturalista.

* También conviene advertir que algunas de las visitas y paradas (como la 6A y 6B) requieren los pertinentes permisos y autorizaciones para acceder a los recintos, por parte del Excelentísimo Ayuntamiento de Toledo y la UCLM.



ÍNDICE



1. Un viaje en el tiempo: Toledo antes del hombre 11

2. Un viaje en el espacio: Excursión geológica por los alrededores de Toledo 23

- Toledo, ciudad de las tres culturas... y de las tres geologías... 25
- Parada 1. Ronda de Cabestreros (La Cornisa) y canteras del arroyo de la Degollada 28
- La Meseta Cristalina de Toledo 41
- Parada 2. Cerro de la Rosa..... 43
- Parada 3. Estación de autobuses..... 48
- Parada 4. La formación del Torno y valle del Tajo en Toledo .. 52
- Parada 5. 56
 - A) Secuencia de terrazas del río Tajo y abanicos aluviales aguas abajo de Toledo 56
 - B) Terraza del Tajo en Pinedo 59
- Condicionantes geológicos de la evolución histórica de Toledo ...63
- Parada 6.
 - A) El registro de inundaciones históricas en la Puerta del Vado 66
 - B) Las inundaciones en la antigua fábrica de armas durante los siglos XVIII al XX 72

3. Para saber más (Referencias bibliográficas) 80

Anexo: tabla-resumen del tiempo geológico 89



Un viaje en el tiempo

Toledo antes del hombre



- 600 M.A.



Hace unos 600 millones de años, la actual ubicación de Toledo estaba sumergida en un mar frío austral, habitado por arqueociatos y esponjas.

- 430 M.A.



Hace unos 430 millones de años, el fondo de esos océanos tenía una fauna rica y variada (gasterópodos, trilobites, graptolitos...), con depósito de arenas y arcillas en su lecho.



Hace unos 320 millones de años, el lento acercamiento de los continentes que bordeaban el océano, produjo el aplastamiento y transformación de las rocas, formando una gran cadena de montañas.



Tanto subir y elevarse la cadena de montañas, terminó por hundirse en parte mediante una gran falla, que dio lugar a la 'famosa' milonita de Toledo.



El calor acumulado en el interior de la Tierra llegó a fundir las rocas, que ascienden como goterones de lava, para dar lugar a los granitos.



Por espacio de casi 200 millones de años, los ríos erosionan la cadena de montañas, dejándola convertida en una planicie, y asoman a superficie los granitos y otras rocas de las raíces de la cordillera.



El ascenso del nivel del mar hace que la planicie quede sumergida en un mar tropical lleno de vida, cuyos restos formaban fangos calcáreos en el lecho.



Con la retirada del mar, quedan zonas encharcadas habitadas por cocodrilos, tortugas y por los últimos dinosaurios.



Desde hace 60 m.a., la península Ibérica es comprimida por las placas europea y africana, produciendo la elevación de la Meseta y los Montes de Toledo.



Desde los recién formados Montes de Toledo, surgen torrentes que depositan mantos de aluviones en el piedemonte, en planicies habitadas por tigres, jirafas, mastodontes y caballos.



En los últimos cinco millones de años, el Tajo comienza a formar su valle en la planicie arenosa, penetrando en ocasiones en los restos de la antigua cadena de montañas.



Las laderas del valle fuera del Torno se disponen en replanos escalonados denominados terrazas.

- 140.000 AÑOS



Durante el Cuaternario Medio, las terrazas del Tajo sirvieron de fuente de suministro para la fabricación de industria lítica.

- 30.000 AÑOS



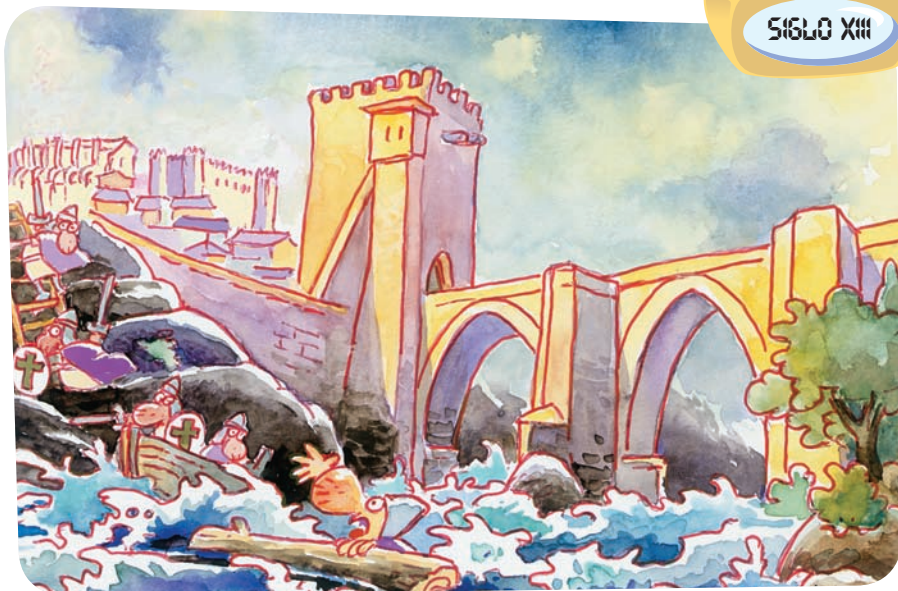
Junto a estos 'primeros toledanos' convivían elefantes primitivos e hipopótamos ligeramente distintos a los actuales, ciervos y grandes toros.

- 11.000 AÑOS



A finales del último episodio glaciar, vientos fríos y secos soplaban a orillas del Tajo, acumulando arenas y limos (loess)

SIGLO XIII



A lo largo del periodo histórico, pero sobre todo en la Alta Edad Media, fueron frecuentes las crecidas del Tajo, con repercusiones en batallas y asedios.



SIGLO XVI

Los edificios de la Ciudad se dispusieron en diferentes replanos escalonados de la orilla interna del meandro, formados por el río en su encajamiento.



SIGLO XXI

En la actualidad, los procesos geológicos siguen actuando, como lo muestran los frecuentes desprendimientos en la carretera del Valle.



The first of these is the fact that the system is not in a steady state. The system is in a state of flux, and the variables are changing. This is a dynamic system, and the variables are interdependent. The second is the fact that the system is not in a steady state. The system is in a state of flux, and the variables are changing. This is a dynamic system, and the variables are interdependent. The third is the fact that the system is not in a steady state. The system is in a state of flux, and the variables are changing. This is a dynamic system, and the variables are interdependent. The fourth is the fact that the system is not in a steady state. The system is in a state of flux, and the variables are changing. This is a dynamic system, and the variables are interdependent. The fifth is the fact that the system is not in a steady state. The system is in a state of flux, and the variables are changing. This is a dynamic system, and the variables are interdependent. The sixth is the fact that the system is not in a steady state. The system is in a state of flux, and the variables are changing. This is a dynamic system, and the variables are interdependent. The seventh is the fact that the system is not in a steady state. The system is in a state of flux, and the variables are changing. This is a dynamic system, and the variables are interdependent. The eighth is the fact that the system is not in a steady state. The system is in a state of flux, and the variables are changing. This is a dynamic system, and the variables are interdependent. The ninth is the fact that the system is not in a steady state. The system is in a state of flux, and the variables are changing. This is a dynamic system, and the variables are interdependent. The tenth is the fact that the system is not in a steady state. The system is in a state of flux, and the variables are changing. This is a dynamic system, and the variables are interdependent.

Un viaje en el espacio

Excursión geológica por los
alrededores de Toledo



© Google Earth 2007

The first part of the paper discusses the importance of the research and the objectives of the study. It highlights the need for a comprehensive understanding of the subject matter and the role of the researcher in this process. The second part of the paper presents the methodology used in the study, including the data collection methods and the analysis techniques. The third part of the paper discusses the results of the study and the conclusions drawn from the data. The final part of the paper provides a summary of the findings and offers suggestions for future research.

The research was conducted in a systematic and rigorous manner, following the principles of scientific inquiry. The data was collected from a variety of sources, including interviews, surveys, and archival records. The analysis was conducted using both qualitative and quantitative methods, allowing for a comprehensive understanding of the subject matter. The results of the study are presented in a clear and concise manner, highlighting the key findings and the implications of the research.

The conclusions drawn from the data are based on a thorough analysis of the results and are supported by the evidence presented in the paper. The findings suggest that there is a need for further research in this area, particularly in the areas of data collection and analysis. The suggestions for future research are based on the limitations of the current study and the need for a more comprehensive understanding of the subject matter.

In conclusion, the research has provided a comprehensive understanding of the subject matter and has identified the need for further research in this area. The findings and conclusions are based on a thorough analysis of the data and are supported by the evidence presented in the paper. The suggestions for future research are based on the limitations of the current study and the need for a more comprehensive understanding of the subject matter.



Un viaje en el espacio

Excursión geológica por los alrededores de Toledo

TOLEDO, CIUDAD DE LAS TRES CULTURAS... Y DE LAS TRES GEOLOGÍAS

Toledo es mundialmente conocida como la *Ciudad de las Tres Culturas*, en referencia a la convivencia durante siglos de las comunidades cristiana, musulmana y judía. Sin embargo, lo que poca gente sabe es que también podríamos referirnos al entorno de Toledo como la *Ciudad de las Tres Geologías*, porque en sus inmediaciones confluyen las tres principales unidades geológicas de la península Ibérica.

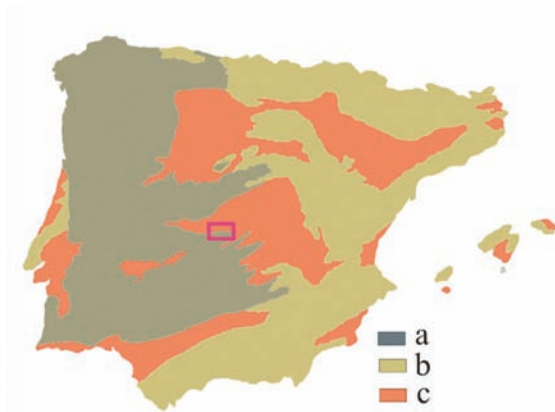
A grandes rasgos, podríamos distinguir tres grandes conjuntos geológicos en la península Ibérica que, de más antiguo a más moderno, son:

- El *Macizo Hespérico o Ibérico*, constituido por las rocas ígneas (granitos...) y metamórficas (pizarras, cuarcitas, gneises...) más antiguas de España (con edades entre 600 y 250 millones de años), formadas en antiguos mares y cadenas montañosas de la orogenia Hercínica o Varisca; ocupa buena parte del sector occidental de la Península: Galicia y Asturias, Zamora y Salamanca, el Sistema Central, los Montes de Toledo, Extremadura, Sierra Morena y Huelva. Como casi todas estas rocas están constituidas por silicatos (cuarzo, feldespatos, micas...), tradicionalmente se conocía a esta zona como la *España silícea*.

- Las *Cuencas y Cordilleras Alpinas*, constituidas por rocas sedimentarias (calizas, areniscas, conglomerados, margas...) de edad Mesozoica (entre 250 y 65 millones de años), formadas en antiguas cuencas sedimentarias continentales (ríos, lagos...) y marinas (plataformas, taludes, llanuras abisales, arrecifes...);

hoy muchas de ellas constituyen sistemas montañosos modernos (Pirineos, Sistema Ibérico, Cordilleras Béticas...) u orlan otras zonas montañosas (Sistema Central, Montes de Toledo, Cordillera Cantábrica...) formados en la orogenia Alpina. Como predominaban las rocas sedimentarias carbonáticas (calizas, dolomías, margas, areniscas calcáreas...), tradicionalmente se conocía a esta zona como la *España calcárea*.

- Las *Cuencas Cenozoicas o 'Terciarias'*, constituidas también por rocas sedimentarias (arenas, arcillas, limos, margas, calizas, yesos...), de edad Cenozoica (últimos 65 millones de años), formadas en cuencas continentales (abanicos aluviales, ríos, lagos...) y marinas (zonas litorales); hoy se ubican en las partes centrales de las cuencas de los principales ríos peninsulares (Duero, Ebro, Tajo, Guadíaña, Guadalquivir...). Como predominaban las rocas detríticas (arcillas, arenas, limos...), tradicionalmente se conocía a esta zona como la *España arcillosa*.



Esquema simplificado con las tres principales unidades de la península Ibérica: a) Macizo Ibérico o Hespérico; b) Cuencas y Cordilleras Alpinas; c) Cuencas Cenozoicas o 'Terciarias'. El recuadro magenta señala la zona ocupada por el esquema geológico simplificado de Toledo y su entorno (siguiente figura).

Pues bien, en el entorno de la Ciudad de Toledo tenemos la fortuna de que aparezcan (afloren) rocas y estructuras de los tres grandes conjuntos antes citados: los materiales del Macizo Hespérico ocupan la zona meridional de la Ciudad (incluyendo el Casco), justo al sur de una línea imaginaria este-oeste que uniera el

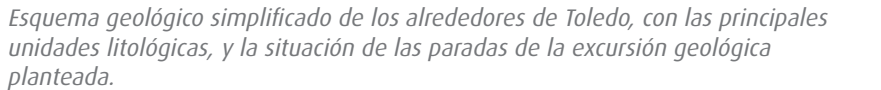
puede de la Cava con el puente de Azarquiel y el barrio de Santa Bárbara; todo lo que queda al norte de esa línea imaginaria estaría constituido por materiales de las Cuencas Cenozoicas (el alcaén); y entre ambos, aparecen manchas aisladas de rocas de las Cuencas y Cordilleras Alpinas (Cerro de la Rosa, La Solanilla...).

Nuestra excursión comenzará, por tanto recorriendo lugares donde podamos reconocer las características de estas rocas y, a partir de su observación, reconstruir los acontecimientos que les dieron lugar. Por ello, las tres primeras paradas de la excursión serán, por este orden:

- 1) Ronda de Cabestreros (La Cornisa) y canteras del arroyo de la Degollada; rocas y estructuras del Complejo Anatético de Toledo (CAT), integrado en el sector de Montes de Toledo, dentro del Macizo Hespérico o Ibérico (España silícea).
- 2) Cerro de la Rosa; rocas y estructuras del sector occidental de la rama Castellana de la Cuenca Ibérica (Cuencas y Cordilleras Alpinas; España calcárea), que orlan el borde septentrional de la Meseta Cristalina de Toledo (Montes de Toledo).
- 3) Inmediaciones de la Estación de Autobuses-Salto del Caballo; rocas y estructuras del borde meridional de la Cuenca de Madrid, integrante de la Cuenca Sedimentaria del Tajo (Cuencas Cenozoicas; España arcillosa).

La segunda parte de la excursión persigue reconocer y reconstruir los acontecimientos geológicos más recientes ocurridos en el entorno de Toledo: la formación del Torno y el valle del Tajo, el depósito de las terrazas formando las vegas, y las inundaciones por desbordamiento del Tajo acontecidas en el periodo histórico. Por ello, las tres últimas paradas serán:

- 4) Aparcamiento de la ermita de la Virgen del Valle; reconocimiento de las formas de encajamiento y trazado del valle del Tajo en el Torno de Toledo.
- 5) Terrazas del Tajo aguas abajo de Toledo (a); alternatively se puede visitar los restos de la terraza del Tajo en Pinedo, donde se realizaron importantes hallazgos paleontológicos y arqueológicos (b).
- 6) Interior de la Puerta del Vado (a); secuencias de materiales arqueológicos con intercalación de depósitos de inundaciones históricas entre los siglos XII y XIX. Alternatively se pueden visitar las instalaciones de la antigua Fábrica de Armas de Toledo (b); placas y marcas de las inundaciones históricas acontecidas entre 1780 y 1947.



La primera parada se sitúa en la Ronda de Cabestreros, que bordea el caserío del Casco antiguo de Toledo por su lado oriental, desde el puente de Alcántara hasta la Cornisa. Concretamente se estudiarán las rocas de los taludes de la carretera entre el cruce de la Ronda con las calles Cervantes y la subida al aparcamiento del Corralillo de San Miguel (calle de la Candelaria), justo debajo de un castillete-mirador de los jardines traseros del Alcázar. No obstante, existen muchos otros afloramientos de roca a lo largo de toda la Ronda, la Cornisa y la carretera de circunvalación del Valle, donde se pueden observar las mismas rocas y estructuras.



Situación de la parada 1a, en la Ronda de Cabestreros.



Foto del afloramiento.

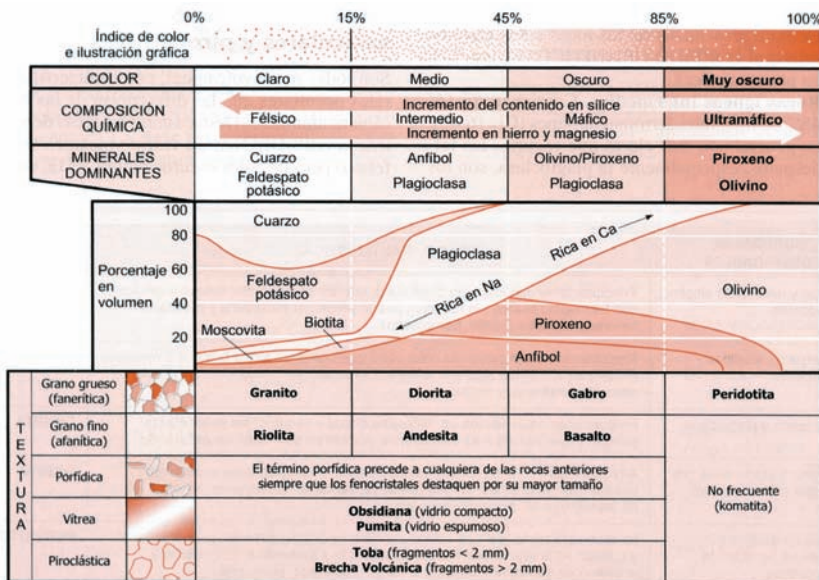
En esta parada vamos a observar rocas ígneas plutónicas (granitoides anatócticos como granodioritas, leucogranitos, gabros...) y rocas metamórficas de alto grado (migmatitas) pertenecientes a lo que se denomina el Complejo Anatóctico de Toledo (CAT) del Macizo Hespérico o Ibérico (*España silícea*). También se reconocerán otras estructuras como diques, fallas y diaclasas.

¿Qué son los granitoides anatócticos?

La anatexia es un proceso geológico que se produce cuando las rocas metamórficas alcanzan una temperatura tan alta (varios centenares de grados) que comienzan a fundirse parcialmente. Debido a la heterogeneidad composicional de las rocas metamórficas, no todos los minerales funden a la misma temperatura. De este modo, los minerales de color claro (félsicos), como el cuarzo y los feldspatos, son los que primero se funden en la roca. Si continua el aumento de la temperatura, toda la roca acabará fundiéndose y cuando se enfríe cristali-

zará como una roca ígnea. A este grupo de rocas pertenecen los granitos, gabros y granodioritas de la parada a los que se les denomina de origen anatéctico, o sea, formados por anatexia.

En el siguiente cuadro aparece representada una sencilla clasificación de las rocas ígneas según una estimación visual de los porcentajes de sus minerales principales. En el cuadro aparece reflejada también la composición química y mineralógica de las diferentes rocas, así como su textura (Pozo et al., 2004).



Cuadro de clasificación de las rocas ígneas y sus características de color, composición química, mineralogía dominante y tipos de texturas. Reproducida de Pozo et al. (2004), con autorización de Pearson Educación S.A.

Las texturas de las rocas ígneas son bastante características y se distinguen del resto de las rocas en que forman un mosaico de cristales perfectamente soldados los unos a los otros debido a que proceden de la cristalización de un fundido (magma) de composición fundamentalmente silicatada. En función del tamaño de los cristales y las relaciones de unos con otros es posible determinar una gran cantidad de características sobre los procesos de formación de las rocas y su posterior evolución en la corteza.

Unas rocas ígneas muy características que se pueden observar en este afloramiento son las granodioritas porfídicas. Su composición química y mineralógica podemos

verla en el gráfico adjunto de la clasificación de rocas ígneas. Estas granodioritas se caracterizan por presentar textura porfídica en la que encontramos grandes cristales rectangulares junto a otros de tamaño mucho más pequeño. Esta textura tan particular se forma cuando una gran masa de magma localizada profundamente se enfría durante decenas a centenares de miles de años hasta solidificar. Como los minerales cristalizan a temperaturas diferentes es posible que algunos cristales se hagan bastante grandes mientras que otros estén empezando a formarse. Si el magma que contiene algunos cristales grandes cambia de condiciones (asciende hacia la superficie) la porción fundida del magma se enfriará rápidamente generando cristales muy pequeños. Así se forma una roca que tiene grandes cristales incrustados en una matriz de cristales más pequeños presentado textura porfídica. A los cristales grandes se les denomina fenocristales; y a la matriz, pasta.



Foto de las granodioritas.

Otras rocas que podemos observar en el afloramiento son los leucogranitos con granate. En esta roca predominan los minerales de color claro (cuarzo y feldespato), de ahí el prefijo "leuco-", con una pequeña proporción de minerales oscuros (biotita y anfíbol) inferior a la que presentan generalmente los granitos. Como particularidad en estas rocas encontramos cristales milimétricos de granate, un silicato ferromagnésico de color rojo oscuro que aparece como

pequeños cristallitos redondeados en la roca, o en agregados de acumulación que en ocasiones alcanzan algunos centímetros de diámetro.



Foto de los leucogranitos.

En las proximidades del puente de Alcántara es posible observar un afloramiento con gabros de tamaño de grano medio. Estas rocas se caracterizan por su color predominantemente oscuro debido al alto contenido en minerales ferromagnesianos (fundamentalmente piroxenos y algo de anfíbol). Los pequeños cristallitos de color blanco son plagioclasas de composición fundamentalmente cálcica.



Foto de los gabros.

Otra parada de interés para la observación de estas rocas ígneas (granitoides anatócticos), son las canteras del arroyo de la Degollada, situadas en la cabecera de dicho arroyo, próximas al acceso a la Residencia de la Academia de Infantería.



Situación de la parada 1b.



Foto de las canteras.

En las canteras del arroyo de la Degollada, además de las rocas anteriores, es posible encontrar unas rocas con una textura muy particular denominadas pegmatitas. Las pegmatitas se caracterizan por presentar cristales de tamaño centimétrico a diferencia del resto de rocas ígneas cuyos cristales son milimétricos. Estas rocas se forman en las fases finales de la cristalización de los magmas cuando éstos están cerca de la superficie terrestre y el enfriamiento lento de los mismos permite la formación de grandes cristales. Su mineralogía es muy similar a la de un granito (fundamentalmente cuarzo, feldespato y mica) aunque de grano más grueso; pero también en ellas es posible encontrar perfectos cristales prismáticos de turmalina, berilo y algunos otros raros minerales que sólo aparecen asociados a este tipo de rocas. En algunas zonas de estas pegmatitas podemos observar la presencia de una textura denominada gráfica, caracterizada por una disposición de las micas, dentro de los grandes cristales de cuarzo y feldespato, que parece simular la escritura de tipo cuneiforme. Puntualmente en esta cantera encontramos zonas de alteración hidrotermal caracterizadas por la formación de una serie de minerales como la serpentina, clorita y talco, e incluso fisuras rellenas por láminas y placas del curioso ‘cuero de montaña’ (palygorskita).



Foto de pegmatita y textura gráfica.

Dentro de todas estas rocas ígneas, pero especialmente en las granodioritas porfídicas, es muy frecuente la aparición de pequeñas 'bolsadas' de otras rocas de tamaño variable (entre unos centímetros y varios metros), denominadas xenolitos (de *xeno*: extraño y *litos*: roca). Estos xenolitos son inclusiones de la roca encajante o de las zonas muy profundas donde se originó el magma que han sido arrancadas durante la evolución de éste y han quedado incorporadas a él.



Foto de un xenolito.

Esas rocas llamadas migmatitas

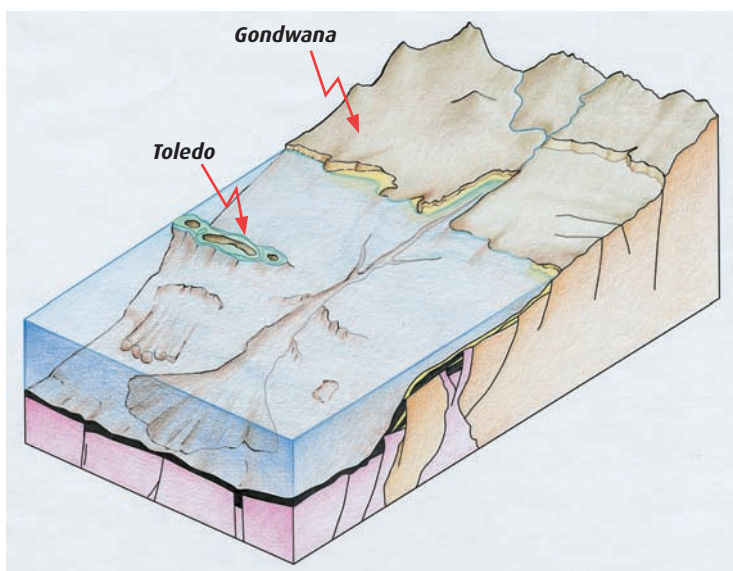
Si por el contrario, el proceso de fusión de las rocas se detiene una vez fundidos los primeros minerales, tan sólo se funde la roca parcialmente, y vamos a poder observar unas zonas de la roca de color claro con características propias de una roca ígnea (la parte que se ha fundido y cristalizado) y otras zonas más oscuras con texturas típicas de una roca metamórfica (la parte que no se ha fundido), como la esquistosidad. Esta esquistosidad se puede apreciar en el afloramiento como un bandeo macroscópico condicionado por la lineación de minerales fundamentalmente de color oscuro. A estas rocas con características intermedias entre una roca metamórfica y una roca ígnea se les denomina migmatitas.



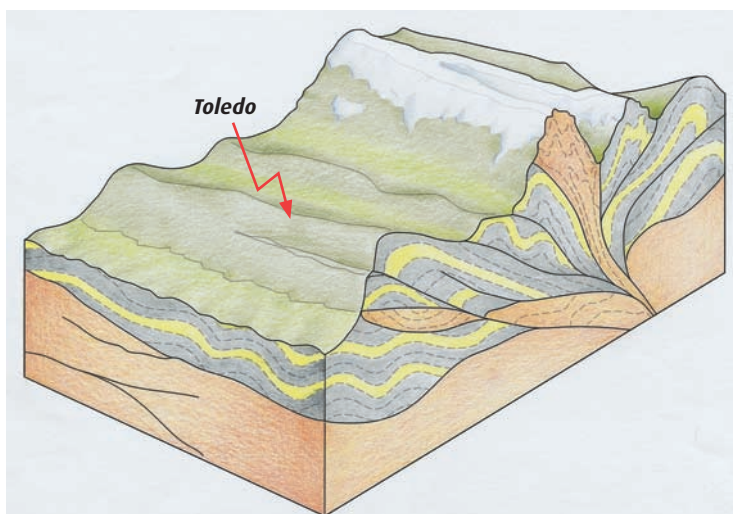
Foto de las migmatitas en una lancha de roca próxima a la puerta de Alcántara.

Las rocas originales de las cuales proceden las rocas metamórficas se denominan protolitos. En nuestro caso los protolitos de las rocas metamórficas serían las rocas sedimentarias e ígneas precámbricas del basamento marino. Estos sedimentos serían fundamentalmente areniscas y arcillas depositadas en medios marinos someros, que se enterraron profundamente y bajo los efectos combinados de la acción de la presión y la temperatura se convirtieron en rocas metamórficas.

Los materiales y estructuras del Macizo Hespérico o Ibérico aflorantes en el entorno de la Ciudad de Toledo corresponden a la denominada zona Centroibérica del orógeno Hercínico o Varisco. Se formaron en las profundas raíces de una gran cadena de montañas resultado de múltiples colisiones continentales acaecidas entre el Devónico medio y el Carbonífero superior (era Paleozoica o 'Primaria'), hace entre 350 y 250 millones de años.



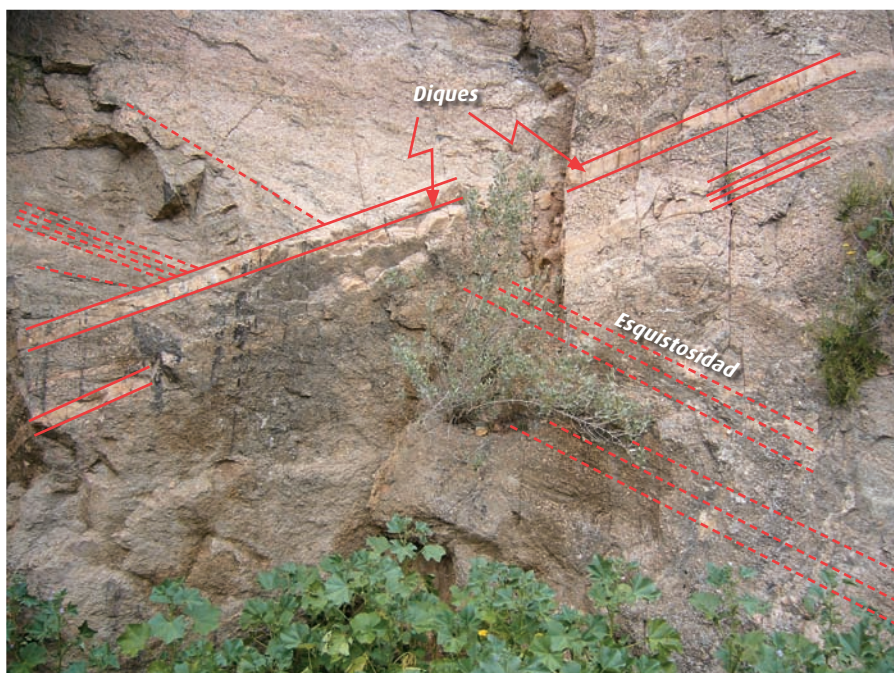
Entre hace unos 600 y 350 millones de años, la provincia de Toledo se situaría en el lecho del mar que ocupaba las proximidades de la costa del continente Gondwana, donde se depositaban arcillas oscuras alternando con arenas, y barros calcáreos formados por restos de organismos como los arqueociatos. (Díez y Martín-Duque, 2005).



Hace unos 350 millones de años, la provincia de Toledo por fin emergió del fondo del mar, pasando a formar parte de una gran cadena de montañas constituida por el apilamiento de grandes pliegues y fallas (cabalgamientos) que afectaron a los sedimentos marinos y su sustrato. (Díez y Martín-Duque, 2005).

Otras observaciones en la parada

Paralelamente existen abundantes intrusiones graníticas que definen desde pequeños plutones a extensos batolitos, siendo habituales los diques tabulares de granitoides rosados, que intruyeron a las otras rocas ígneas (granodioritas porfídicas) y las migmatitas.



Diques cruzando oblicuamente la esquistosidad.

Todo este conjunto de materiales se transformó durante la orogenia Hercínica o Varisca y fue posteriormente erosionado yendo sus materiales a rellenar las cuencas Mesozoicas de los alrededores. Durante la orogenia Alpina muchas de las fracturas originadas durante la orogenia Hercínica se reactivaron y actuaron nuevamente como zonas tectónicamente activas. Cuando las fracturas sólo rompen las rocas se denominan diaclasas y cuando producen un desplazamiento relativo entre bloques se denominan fallas. Algunas fracturas y diaclasas de pequeña entidad pueden distinguirse en esta parada y se pueden observar también en los cortados sobre el río del cerro del Bu, donde forman sistemas oblicuos que individualizan bloques de roca paralelepípedicos de aspecto rómico, facilitando su posterior desprendimiento sobre el río.

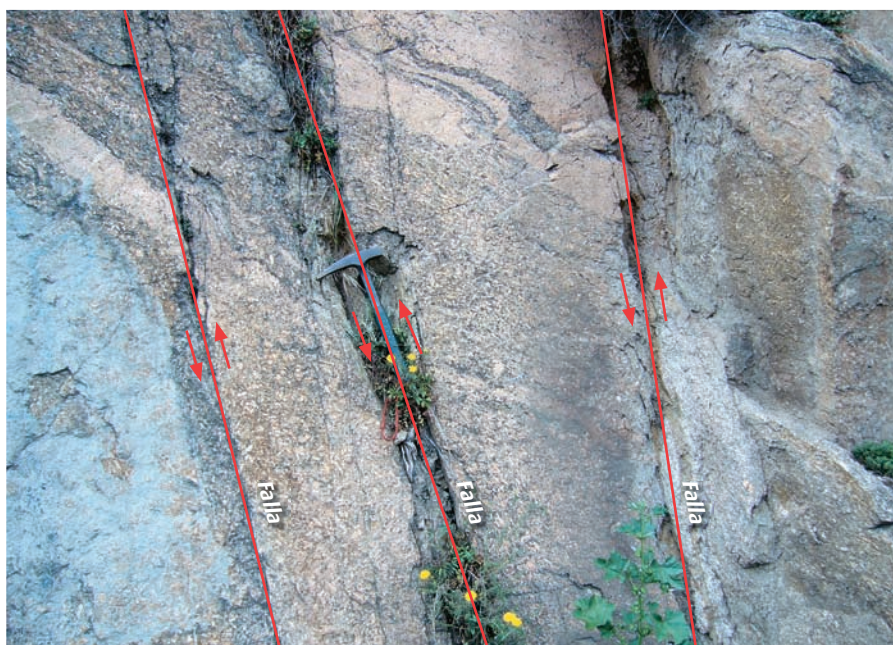


Foto de las fallas.



Foto de las diaclasas del cerro del Bú.

LA MESETA CRISTALINA DE TOLEDO

La Meseta Cristalina de Toledo ocupa la margen izquierda del valle del Tajo entre el río Algodor y el arroyo del Torcón. El paisaje se configura como un amplio piedemonte erosivo sobre rocas metamórficas e ígneas, de tipo rampa o pediment, salpicado de montes-isla y disectado por pequeñas gargantas que forman los principales arroyos. Esta rampa, que se inicia al pie de las estribaciones de los Montes de Toledo (sierras de Los Yébenes y San Pablo) y está inclinada suavemente hacia el norte, se rompe en forma de complejo escalón al llegar a los sistemas de fallas que ponen en contacto los materiales ígneos y metamórficos con las rocas sedimentarias de la Cuenca de Madrid.

Atravesando los materiales ígneos y metamórficos de la Meseta cristalina se encuentran abundantes redes filonianas hidrotermales que presentan mineralizaciones metálicas explotadas desde tiempos prehistóricos (Calcolítico) hasta la década de 1970. Muchas de ellas siguen la dirección de la banda milonítica tardihercínica de Toledo, aunque son posteriores a las deformaciones de la misma. Destacan los abundantes yacimientos de sulfuros de tipo BPGC (blenda-pirita-galena-calcopirita) en torno al valle del arroyo de Guajaraz, fundamentalmente en el término de Mazarambroz aunque próximas al municipio de Layos; alguna aún conserva buena parte de las instalaciones mineras, incluido un castillete de hierro digno de ser preservado por su interés histórico-industrial. También existen yacimientos de grafito asociados al metamorfismo de rocas ricas en carbono, entre los que destacan las minas de Guadamur, en las que llegaron a trabajar unos cien empleados, produciendo hasta 400 tm/año.



Restos de las antiguas minas del entorno del arroyo de Guajaraz, en las que destaca el castillete metálico.

Algunos de los filones de cuarzo verticalizados que presentan importantes potencias y desarrollos han dado lugar a relieves residuales de tipo crestón, como ocurre en el Cerro del Guijo.



Relieve del cerro del Guijo destacando sobre la planicie de la Meseta Cristalina de Toledo, como consecuencia de la mayor resistencia a la erosión del filón de cuarzo que forma una especie de espina dorsal del Cerro.

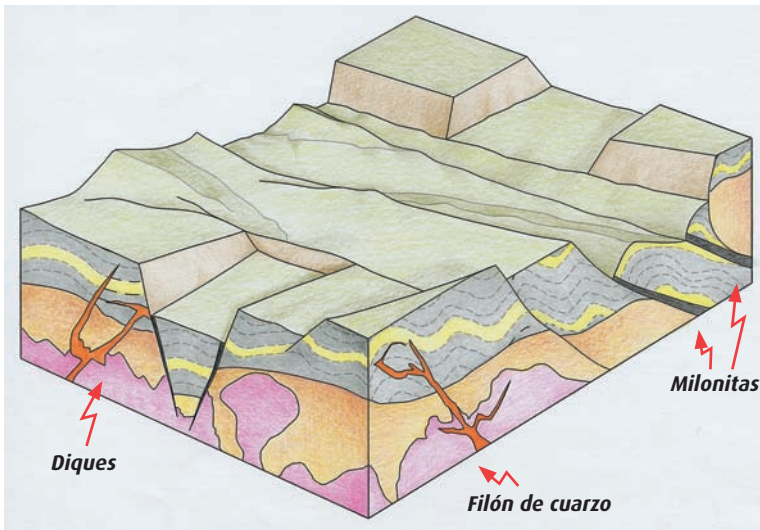


Figura 1.19. Hace unos 330 millones de años, la cadena de montañas sufrió una especie de colapso, con el hundimiento de algunos bloques a favor de grandes fallas (zonas de cizalla), entre las que destaca la famosa milonita de Toledo. Esta distensión favoreció la fusión de rocas en profundidad, dando lugar a los goterones de magma que al ascender y enfriarse formarían los plutones de granito, diques y filones. (Díez y Martín-Duque, 2005).

PARADA 2. CERRO DE LA ROSA

La segunda parada se sitúa en las laderas del Cerro de la Rosa, pequeña colina ubicada en la parte oriental del barrio de Santa Bárbara, separada de éste por la vaguada del arroyo del mismo nombre, actualmente ocupada por centros educativos e instalaciones deportivas.



Mapa de situación de la parada 2.



Foto del afloramiento de las laderas del Cerro de la Rosa.

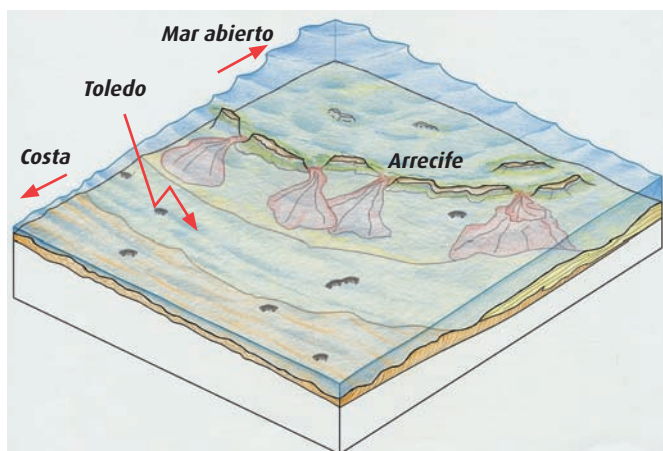
En el contacto entre los materiales sedimentarios `terciarios` (cenozoicos) del relleno de la cuenca de Madrid y el CAT, en localizaciones puntuales, afloran materiales sedimentarios (calizas, dolomías, margas y arcillas) del margen occidental de la Cuenca Mesozoica Ibérica, depositados durante el Cretácico superior y el Paleógeno. En principio, los materiales sedimentarios mesozoicos fosilizaban discordantemente las rocas del CAT, y a su vez eran cubiertos por los sedimentos de la Cuenca de Madrid. La orogenia Alpina produjo entre el Oligoceno y el Plioceno una reactivación de las antiguas fracturas tardihercínicas del CAT, dando lugar a diversos sistemas de fallas que pusieron en contacto tectónico los materiales de los dos principales conjuntos. En el entorno de la Ciudad, el sistema de fallas tiene dirección este-oeste y se ha denominado "Miradero", al situarse bajo este popular paseo.

Los materiales de la Cuenca Mesozoica Ibérica se depositaron en extensas plataformas carbonatadas marinas someras que rodeaban al bloque Ibérico en esos momentos. Estas plataformas se caracterizaban por ser amplias zonas litorales poco profundas en las cuales se depositaban sedimentos de composición fundamentalmente carbonática (calizas) y carbonática-detrítica (margas).

Para que se forme este tipo de sedimentos necesitamos aguas tranquilas (sin mucho aporte de material detrítico del continente) y clima subtropical. En estos ambientes encontramos gran cantidad de organismos cuyo esqueleto está constituido por carbonato cálcico (las conchas y las algas calcáreas, por ejemplo), los cuales al morir van a parar al fondo del mar y sus restos se acumulan en grandes cantidades formando las rocas carbonáticas. Cuando los restos son de gran tamaño es posible distinguir los fragmentos de los organismos fósiles en estas rocas. Si los fragmentos son muy diminutos es necesario la utilización de una lupa o microscopio para poder verlos.



Tras sucesivos impulsos de ascenso y descenso del nivel del mar durante el Cretácico superior, finalmente hace unos 85 millones de años (Coniaciense-Santonense) llegó a uno de sus máximos niveles, conectándose el incipiente Atlántico con el océano de Tethys, y dejando el suroeste de Europa como un rosario de islas. La mayor parte de las zonas sumergidas eran muy someras, salvo dos surcos profundos localizados en el golfo de Vizcaya-Pirineos y en el sureste de la península Ibérica (Béticas). Díez y Martín-Duque (2005).



La provincia de Toledo quedó parcialmente sumergida bajo el mar que conecta los océanos Atlántico y Tethys hace unos 85 millones de años (Coniaciense-Campaniense, Cretácico superior), desarrollándose incluso pequeñas líneas de arrecifes de rudistas, que suponen una barrera a las tempestades y oleaje más intensos. Díez y Martín-Duque (2005).

Estos materiales son fácilmente identificables en el campo, ya que el carbonato cálcico, calcita (CO_3Ca), reacciona fuertemente con el ácido clorhídrico produciendo efervescencia. La dolomía es un carbonato de calcio y magnesio (CO_3CaMg) también bastante frecuente en las rocas carbonáticas y al igual que la calcita reacciona con el ácido clorhídrico aunque con menos intensidad que la anterior.



Detalle de la alternancia de bancos de calizas y margas.



Detalle de una caliza.

Por otro lado, las margas son un tipo de rocas intermedias entre las rocas carbonáticas y las siliciclásticas. Son rocas compuestas por proporciones variables de calcita y arcilla; a simple vista parece una arcilla pero si le echamos unas gotas de ácido clorhídrico reacciona produciendo efervescencia.



Detalle de una marga.

El tipo de roca carbonatada que encontramos está condicionado por el ambiente deposicional en el que se generan. A grandes rasgos, por un lado podemos tener unas zonas denominadas lagoones que son áreas muy tranquilas, sin apenas oleaje al estar protegidas por algún tipo de barrera natural como puede ser un arrecife de coral; en estas zonas sin apenas agitación se depositan barros carbonáticos de grano muy fino sin apenas estructuras sedimentarias o fósiles de tamaño macroscópico, que darán lugar a calizas de grano muy fino llamadas micritas.

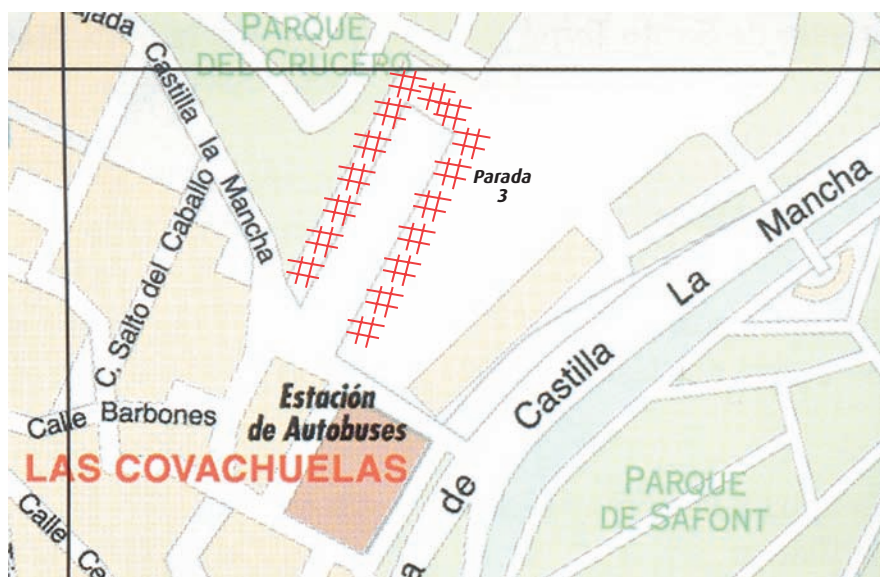
Por otro lado tenemos las zonas mareales en las cuales la agitación de las olas es muy importante al no estar protegidas; en ellas encontramos rocas constituidas por fragmentos de organismos carbonatados formando algún tipo de estructura sedimentaria como barras.

Dentro de este tipo de rocas también aparece un tipo muy especial de rocas que se denominan bioconstruidas, ya que se forman por la actividad de organismos vivos que generan importantes acumulaciones de carbonato cálcico 'in situ', denominadas arrecifes.

Estos materiales han sido empleados en diversos edificios de Toledo: arquivoltas de las puertas de la Catedral, San Juan de los Reyes, escudos de los palacios..., si bien buena parte de ellos no eran extraídos en los exigüos bancos de la ladera del Cerro, sino de canteras que se situaban en el actual fondo del valle del arroyo, bajo las instalaciones deportivas.

PARADA 3. ESTACIÓN DE AUTOBUSES

La tercera parada se ubica en los taludes de los aparcamientos situados en la parte trasera de la estación de autobuses de Toledo, aunque puede observarse estas rocas y estructuras en cualquier talud de las inmediaciones del Salto del Caballo o de la autovía de Madrid (A-42), autopista (AP-42) y carretera de circunvalación.



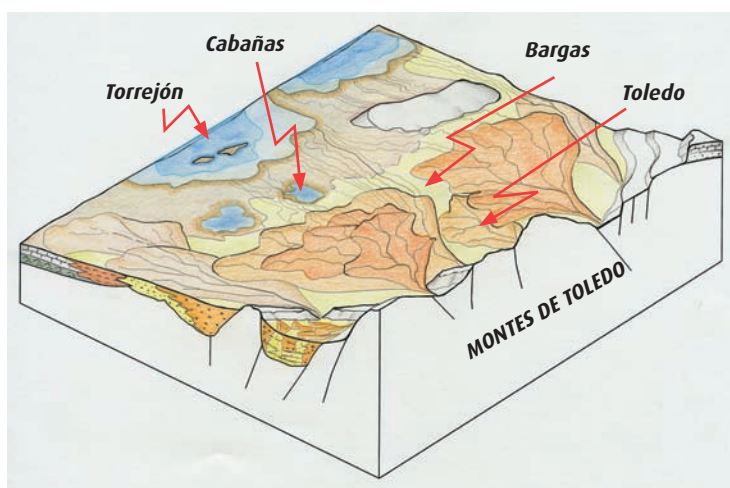
Mapa de situación de la parada 3.



Vista general del afloramiento.

Las rocas correspondientes al relleno sedimentario de la Cuenca de Madrid (cuenca cenozoica del Tajo) en el entorno de Toledo, son materiales fundamentalmente detríticos depositados en medios continentales aluviales y palustres desde el Paleógeno al Mioceno (era Cenozoica), por erosión de los relieves circundantes (Montes de Toledo y Sistema Central español); popularmente reciben el nombre de *alcaén* y se ha empleado como material de construcción (adobe, tapial, fabricación de ladrillos y tejas del mudéjar...) y para la producción de cerámica artesanal (azulejos, vasijas, cuencos...).

Estos materiales se sedimentaron fundamentalmente en lo que se denominan abanicos aluviales. Estos depósitos están constituidos por cuerpos sedimentarios de acumulación de aluviones con dimensiones que varían desde métricas a kilométricas y presentan en planta una morfología cónica muy característica, parecida a un abanico abierto, de ahí su nombre. Se caracterizan por hallarse localizados en zonas donde existe una ruptura de pendiente importante durante su periodo de sedimentación, y suelen rellenar cuencas limitadas por fallas activas durante la sedimentación. Los sedimentos más gruesos (gravas y arenas) se localizan en la zona de cabecera (ápice) y los más finos (arcillas y limos) en las partes distales (bajada). Esta zonación puede observarse perfectamente distinguiendo los diferentes materiales que aparecen según nos alejamos de las zonas de cabecera de los abanicos situadas junto a la falla que limita el CAT con el resto de conjuntos litológicos. Así, junto a Toledo encontramos importantes depósitos de gravas y bloques. Al alejarnos hacia el norte primeramente aparecen arenas (arcosas) en la zona de Bargas y seguidamente arcillas en Cabañas de la Sagra. Estos sistemas sedimentarios presentan frecuentemente en las zonas más distales pequeños sistemas lacustres, que en nuestro caso estarían representados por las calizas y margas de Torrejón de Velasco y Villaluenga.



A lo largo del Paleógeno, y sobre todo durante el Mioceno (Neógeno), entre hace 23 y 5 millones de años, se aceleró la elevación de los Montes de Toledo, con lo que los torrentes aumentaron la erosión de los relieves recién formados, depositando los materiales erosionados en abanicos aluviales que abarcaban todo el norte provincial (Díez y Martín-Duque, 2005).

Están compuestos fundamentalmente por rocas sedimentarias detríticas (arenas, arcillas y clastos de diversa naturaleza) procedentes de la erosión de los materiales endógenos (granitoides, migmatitas, pizarras y cuarcitas) de los relieves cercanos. Presentan una coloración rojiza muy característica debida a la presencia de óxidos de hierro formando finas películas alrededor de los granos minerales. Estos materiales arcillosos han dado nombre a la comarca de La Sagra (en árabe, barros rojizos).



Detalle del nivel de arcosas con pasadas de microconglomerados.

Su formación está íntimamente ligada a la elevación de los Montes de Toledo durante la orogenia Alpina. La mayor parte de las cadenas montañosas del mundo (Andes, Alpes, Pirineos, etc.) se formaron en unos puntos muy concretos de la corteza terrestre en los cuales una placa tectónica se introduce por debajo de otra o se produce un choque entre dos placas. El caso de los Montes de Toledo es un caso muy particular de una pequeña cadena montañosa no asociada a ninguna de las situaciones anteriores. Durante la orogenia Alpina se produjo un acercamiento de la placa Euroasiática y Africana situándose entre ambas la microplaca Ibérica, quedando comprimida entre las dos. El choque de la microplaca Ibérica con la placa Euroasiática originó la cordillera Pirenaica y la interacción de la placa Africana con el borde sur de la microplaca Ibérica generó las cordilleras Béticas.

Las fuerzas que se transmitieron desde estos dos bordes activos hacia el interior de la península Ibérica dieron origen también a otros tipos de relieves montañosos como los Montes de Toledo, que es una cadena montañosa intraplaca con una deformación moderada y que no está situada sobre ninguno de los bordes del bloque Ibérico. Así esta cadena montañosa es el resultado del levantamiento mediante fallas de grandes bloques del basamento ígneo-metamórfico como consecuencia de las fuerzas transmitidas hacia el interior del bloque Ibérico desde sus bordes.

PARADA 4. LA FORMACIÓN DEL TORNO Y VALLE DEL TAJO EN TOLEDO

Como reconocimiento a D. Máximo Martín Aguado

La cuarta parada puede realizarse en cualquier punto de la denominada carretera del Valle (circunvalación de Toledo), aunque el punto más significativo y habilitado al efecto es el mirador de la ermita de la Virgen del Valle o del Parador Nacional de Turismo. Interesa tener una visión panorámica lo más amplia posible del río Tajo en torno al Casco de Toledo.



Mapa de situación de la parada 4.

El Tajo traza alrededor del recinto amurallado de la Ciudad de Toledo un arco de circunferencia casi perfecto, correspondiente a la mitad de un meandro completo del río. La mayor parte de la ciudad histórica de Toledo queda comprendida en la orilla interna (margen derecha) de la primera mitad de este meandro, que se inicia en la central hidroeléctrica de Safont y finaliza en la estación depuradora de aguas residuales (EDAR). Se trata de un meandro del tren general del Tajo Medio, con una longitud de onda de 4,6 km, una amplitud de 2,3 km, y un radio de curvatura de unos 1100 m; es, por tanto, uno de los mayores del tramo Aranjuez-Talavera de la Reina. Este sector del valle se ha venido denominando el Torno del Tajo en Toledo, en alusión a la novena acepción de la palabra “torno” (del lat. *tornus*, y éste del gr. *τόρνος*, giro, vuelta) en el Diccionario de la Lengua Española: *“9. m. Recodo que forma el cauce de un río y en el cual adquiere por lo común mucha fuerza la corriente”*.

En torno al Torno

El río Tajo discurre desde Aranjuez hacia Toledo ocupando el fondo de un amplio valle asimétrico en artesa escalonada, encajado en los materiales sedimentarios de la Cuenca de Madrid, y ocupado en su fondo por el relleno sedimentario de las terrazas cuaternarias.

En las proximidades de Toledo el valle se aproxima al contacto entre los materiales de la Cuenca de Madrid y las rocas metamórficas e ígneas de la Meseta Cristalina de Toledo, de tal forma que la ladera izquierda del valle está formada por la exhumación y erosión de las superficies de falla alpinas. Esta misma disposición la adquiere el valle aguas abajo de Toledo hasta el término municipal de Albarreal de Tajo.

Sin embargo, justo cuando fluye circundando al recinto amurallado de Toledo, el valle pasa de estar excavado en los materiales sedimentarios de la Cuenca de Madrid, a estar cincelado en las rocas metamórficas e ígneas del CAT. Por este motivo, el perfil del valle en el Torno se transforma bruscamente en una estrecha garganta con sección de V asimétrica, casi un cañón o desfiladero en algunos tramos. La vertiente externa de la curva de meandro (orilla izquierda) adquiere un perfil rectilíneo de mayor pendiente (sobre la que se sitúan la ermita de la Virgen del Valle y los Cigarrales), mientras que la ladera interna (margen derecha), adopta un perfil escalonado de pendientes más suaves (sobre el cual se emplaza Toledo).

Hipótesis sobre la formación del Torno

El hecho de que el valle del Tajo abandone los sedimentos de la Cuenca de Madrid y, de forma aparentemente brusca, penetre en el Macizo Cristalino de Toledo, cambiando radicalmente su morfología, ha llamado la atención de cuantos geomorfólogos han estudiado este sector de la cuenca del Tajo.

Ilustres naturalistas como José Macpherson, Eduardo Hernández-Pacheco, Dantín Cereceda, Carandell, Gómez de Llarena, Royo Gómez y, sobre todo, Máximo Martín Aguado, han tratado de dar una explicación científica y evolutiva para justificar por qué el Tajo no continuó su valle por los sedimentos cenozoicos y se introdujo en los materiales metamórficos e ígneos, más resistentes a la erosión.

Fruto de sus estudios, se han sucedido diversas hipótesis genéticas para la formación del valle del Tajo en el Torno de Toledo, cuyas principales ideas se pueden sintetizar en tres propuestas:

· *Paleovalle exhumado*

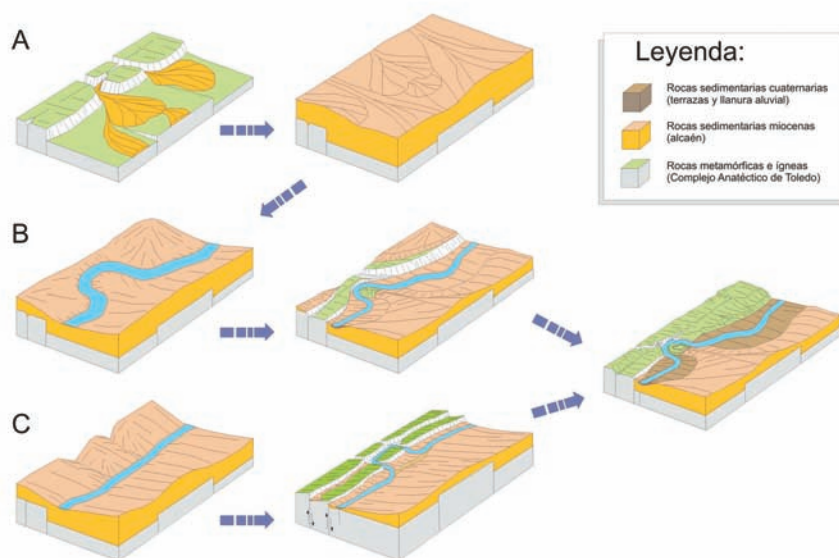
Las primeras hipótesis negaban al actual río Tajo la capacidad de excavar un valle como el que se observa en el Torno, por lo que suponían que la garganta había sido formada con anterioridad y posteriormente rellena de sedimentos miocenos. El Tajo durante el Cuaternario, se habría limitado a vaciar el relleno del paleovalle, exhumando la garganta.

· *Sobreimposición*

El Tajo circulaba describiendo meandros por una llanura aluvial desarrollada sobre los materiales miocenos que recubrían las rocas metamórficas e ígneas. Al encajarse el valle, y alcanzar el sustrato por erosión de los sedimentos suprayacentes, el patrón meandriforme del canal se mantuvo en las litologías ígneo-metamórficas, formando la garganta.

· *Neotectónica alpina*

El encajamiento del río Tajo en los materiales ígneo-metamórficos no se produce por simple sobreimposición, sino condicionado por líneas de reactivación neotectónica, que marcan las zonas de debilidad para el encajamiento y basculan bloques produciendo la asimetría de las vertientes del valle.



Hipótesis de formación del torno del Tajo en Toledo: A. hipótesis del paleovalle exhumado; B, hipótesis de la sobreimposición simple; C, hipótesis de la neotectónica cuaternaria.

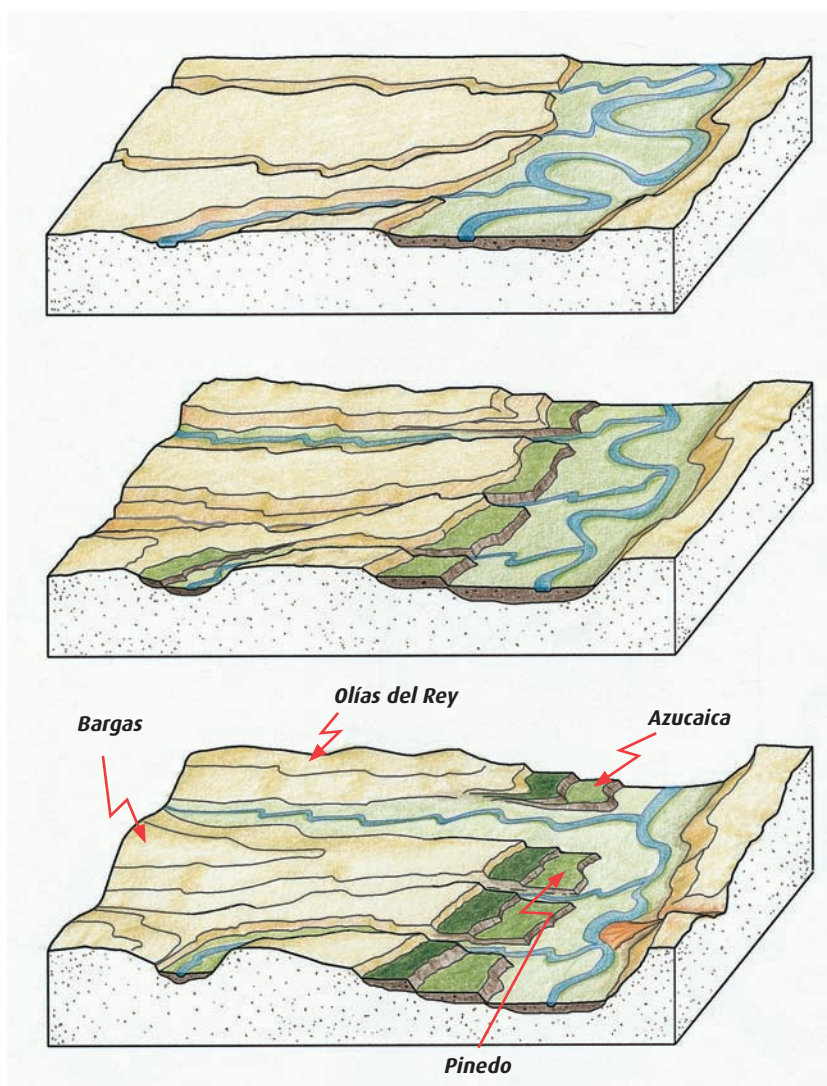


Vista general del torno del Tajo desde la ermita del Valle.

PARADA 5A. SECUENCIA DE TERRAZAS DEL RÍO TAJO Y ABANICOS ALUVIALES AGUAS ABAJO DE TOLEDO

Las vertientes y laderas de buena parte de los valles amplios y vegas por los que circulan los grandes ríos como el Tajo, no presentan perfiles transversales (perpendiculares al río) rectilíneos, sino escalonados. Observando la forma de las vertientes se pueden intuir pequeños escalones o saltos entre replanos de anchura y desarrollo variable, muchas veces exagerados por las labores agropecuarias o por ser aprovechados por vías de comunicación (carreteras, caminos, ferrocarril...).

Estos replanos escalonados de las márgenes de los ríos, a modo de franjas o bandas paralelas al cauce que forman buena parte de las vegas y sotos, reciben el nombre de terrazas, del latín *terraceus* (= de tierra), en alusión a que están formados por arenas, gravas y arcillas depositadas por los ríos (aluviones). Aunque parezca mentira, cada uno de los replanos horizontales representa una antigua posición del cauce y llanura del río, por donde divagaba el canal, sedimentando los aluviones. Un posterior encajamiento (incisión) del cauce, excavando un nuevo replano topográficamente más bajo, genera el escalón entre ambos replanos. Este proceso se ha repetido sucesivamente a lo largo de los últimos dos millones de años en las márgenes de nuestros ríos, originando las sucesiones de replanos, denominadas 'sistemas de terrazas fluviales'.



En la formación de los sistemas de terrazas se combinan momentos de erosión del río en su lecho (agrandando y profundizando su valle), con otros de depósito de los materiales que arrastra. a) el río Tajo formaba una amplia llanura en la que el río divagaba trazando amplios meandros y depositando materiales en su lecho y márgenes; b) se produce una erosión del río en sus depósitos, dejando la antigua llanura 'colgada', como un escalón respecto al actual fondo de valle; c) la secuencia se repite, generando un nuevo escalón o terraza en la margen izquierda. Díez y Martín-Duque (2005).

Extracto de A. Pérez-González & J. Gallardo (2004)

Inmediatamente aguas abajo de Toledo, en su margen derecha, se encuentra una importante secuencia de terrazas que en los años sesenta y setenta del siglo pasado (Martín Aguado, 1963b; Aguirre, 1968; Alférez, 1977), contribuyó hasta lo que inclusive hoy, es la mejor secuencia temporal en terrazas de faunas de mamíferos conocida en las cuencas terciarias del interior de España (Sesé *et al.*, 2000).

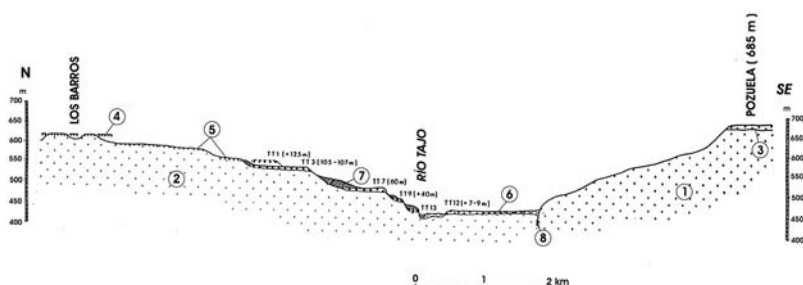
En este entorno de Toledo, se ha establecido una secuencia de 13 terrazas fluviales (Pérez-González *et al.*, 1997), con cotas relativas respecto al cauce de: +125 m (TT1), +110-115 m (TT2), +105 m (TT3 Matanzas), +95 m (TT4, Bravo), +85 m (TT5), +75 (TT6, Salto de la Zona), +60 m (TT7, Buenavista, Salchicha y Valdelobos superior), +50 m (TT8), +40 m (TT9, Buenavista y Salchicha inferior), +25-30 m (TT10, Pinedo), +15-20 m (TT11, Valdepastores y Villamejor), +4-9 m (TT12, Peraleda y Arenero de Valdelobos), y +3-5 m (TT13), que representa la llanura aluvial actual o vega.

Esta secuencia de terrazas que soportan, algunas de ellas, espesos depósitos de abanicos aluviales que provienen del terciario adyacente, están geomorfológicamente enmarcadas al sur por el piedemonte plioceno de Pozuela y al norte por la superficie divisoria de erosión Tajo-Guadarrama, denominada superficie de Bargas.

La presencia de macro y micromamíferos ha facilitado una cierta ordenación temporal de las terrazas y también su asociación con los paleoambientes de su formación.

Desde un punto de vista cronológico existe una inversión en la terraza TT7 (+60 m), que se ha identificado (Pérez-González *et al.*, 1997) con el cambio de polaridad Matuyama-Brunhes (hace unos 780.000 años). De igual manera se tiene un dato por IRSL del arenero de Valdelobos de unos 30.570 años (Pérez-González *et al.*, 1997), con restos de *Equus caballus*. Este arenero es morfoestratigráficamente un abanico aluvial que fosiliza la terraza a +4-9 m del río Tajo, por lo que esa cronología significa que la terraza es más antigua, pero probablemente dentro del estadio isotópico del oxígeno 3 (OIS 3), o sea, entre hace 23.000 y 60.000 años.

De estas terrazas se cuenta además con secuencias polínicas de los depósitos sobre las terrazas (facies de abanico aluvial) de Buenavista Superior (TT7), Salchicha inferior (TT9) y Valdelobos (TT12; Martín-Arroyo *et al.*, 2000). De una manera general puede decirse que en el Pleistoceno medio en la región central peninsular la vegetación estaría constituida por formaciones mediterráneas abiertas, mientras que Valdelobos parece indicar un cierto retroceso hacia condiciones menos cálidas y secas.



Corte geomorfológico transversal del valle del río Tajo. Leyenda: 1, precámbrico y paleozoico de la Meseta Toledana; 2, cenozoico de la cuenca de Madrid; 3, piedemonte de Layos; 4, superficie de Bargas-Olías; 5, glacis; 6, terrazas; 7, abanicos aluviales; 8, falla. Pérez-González y Gallardo (2004).

PARADA 5B. TERRAZA DEL TAJO EN PINEDO

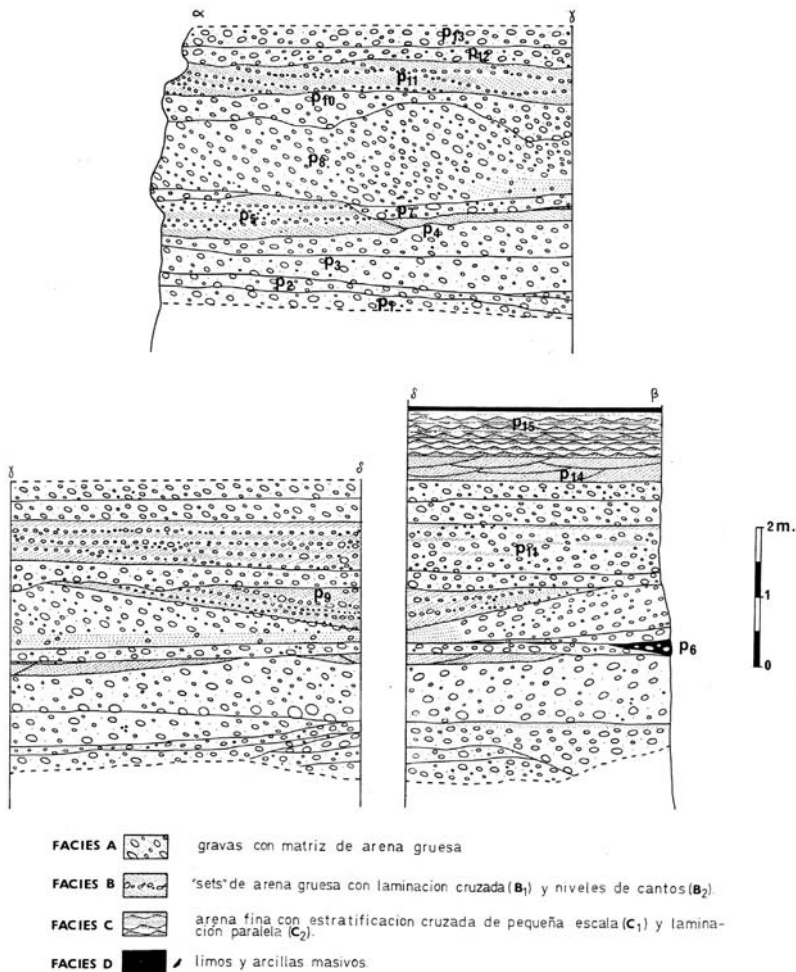
Extracto de A. Pérez-González, J. Gallardo & M. Santonja (2004)

La terraza de Pinedo se encuentra enclavada en la margen derecha del valle del río Tajo, apenas 2 km aguas arriba del torno de Toledo, estando su muro a +22 m sobre el río Tajo. Esta terraza fue prospectada por Máximo Martín Aguado entre los años 1959 y 1963, recuperando una gran cantidad de material lítico y faunístico, durante la explotación de áridos que se efectuó en esos años en los depósitos aluviales de la terraza. Entre los años 1972 y 1974, se realizó una excavación arqueológica, que afectó a 25 m² de la terraza, que fue dirigida por María Ángeles Querol y Manuel Santonja. Una Memoria de los resultados de la excavación fue publicada en 1979 (Querol y Santonja, 1979).



Mapa de situación de la parada 5b.

La secuencia fluvial de Pinedo, puede subdividirse en cinco tramos de los cuales los dos primeros, con un espesor de unos 5-6 m, están constituidos por barras de gravas de cuarcita dominante, a los que siguen porcentualmente cuarzos, calizas miocenas, areniscas, cantos blandos del 'alcaén', sílex y los eruptivos y metamórficos. A techo se diferencia como un metro de barras arenosas con estratificación cruzada a gran escala, y arenas y limos con estratificación cruzada y laminación paralela. De estas arenas, por datación con luminiscencia, se obtuvo una edad mínima de 122.540 años (Pérez-González et al., 1997).



Cortes laterales producidos por la excavación arqueológica en la terraza de Pinedo. Las facies A, B, C y D. están limitadas entre ellas por cicatrices (Díaz Molina y Pérez-González, 1979).

La fauna identificada durante la excavación está compuesta por:

Aves, gen. sp. indet..

Lepus cf. europaeus

Oryctolagus cuniculus

Equus sp.

Hippopotamus amphibius

Cervus elaphus

Gran bóvido gen. sp. indet.

A esta lista hay que añadir un gran número de restos de elefante, extraídos con anterioridad y que Aguirre (1964) atribuye a *Palaeoloxodon antiquus*.



Pieza de elefante antiguo extraída en la gravera de Pinedo. Reproducido de Martín Aguado (1960-62a).

Las industrias líticas recuperadas (Querol y Santonja, 1979), miles de piezas, están en su mayor parte constituidas por lascas sin transformar, y utensilios sobre lasca siendo los bifaces amigdoloides los característicos de Pinedo y los hendedores primitivos y los triedros del grupo B. Hay también un elevado porcentaje de cantos trabajados. Por otra parte, la industria de Pinedo está confeccionada mayoritariamente sobre cuarcita (68%), y en menos proporción sobre sílex (20%) y cuarzo (7%).



Detalle de una pieza de la industria lítica de Pinedo, perteneciente a la antigua colección Coullault-Valera, actualmente en depósito en el Museo de Santa Cruz (Toledo).

Sobre estos términos fluviales basales de la terraza de Pinedo se sitúan, al menos, 10 m de lutitas masivas o laminadas de color rojizo, que hacia el techo son lutitas arenosas o arenas, e inclusive gravas angulosas con tamaños medios en el eje mayor de 5-6 cm y centil de 20 cm. Todos estos materiales proceden del terciario inmediato y representan facies de abanico aluvial depositado sobre la terraza.

El final de la sedimentación parece estar constituido por 1,50 m de un material limoso carbonatado de origen eólico. En estos sectores del valle, o en lugares próximos, se han descrito materiales finos, bien seleccionados, transportados por el viento desde los fondos aluviales del río Tajo. En concreto enfrente de Pinedo, en la margen izquierda del Tajo, se han datado por IRSL, limos eólicos que han arrojado una edad de unos 10.150 años. Este momento frío y seco, correspondería al Dryas joven o reciente.

De los depósitos del abanico aluvial de Pinedo, han obtenido un histograma polínico en el que dominan en la base taxones mediterráneos como *Quercus* y *Olea* o taxones templados con exigencia hídrica como *Alnus*, *Betula*, *Castanea*, *Corylus* y *Ulmus*, para desaparecer hacia la parte alta de la secuencia, lo que indicaría una evolución hacia unas condiciones más secas.

CONDICIONANTES GEOLÓGICOS DE LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE TOLEDO

La disposición de las formas del terreno en el entorno de la Ciudad de Toledo y su evolución morfológica han condicionado sobremanera, no sólo la propia ubicación del núcleo original de población, sino también su devenir histórico, el trazado urbanístico, los oficios y hasta las costumbres y tradiciones de los toledanos.

Los primeros restos de actividad humana en el entorno de la actual Toledo se localizan en el yacimiento de Pinedo, situado en la margen derecha del Valle, aguas arriba de Toledo, en la terraza situada a +22 m sobre el cauce. En una antigua grava se han recogido miles de útiles labrados en los cantos rodados, que parecen corresponder al Achelense (Paleolítico inferior, hace unos 400.000 años), junto con abundantes restos paleontológicos. En otro yacimiento, situado en el paraje de Buenavista, aparecieron cráneos y defensas de elefantes (*Elephas antiquus*).

Tras estos restos, los siguientes asentamientos prehistóricos localizados se ubican en lo alto de los dos cerros más singulares del Torno: el peñón de la orilla interna (derecha); y el cerro del Bu, en la orilla izquierda, donde confluye el Tajo

con el arroyo de la Degollada. En ambos casos, los asentamientos aprovechan las notables condiciones defensivas naturales y la estratégica posición de restos de la Meseta Cristalina de Toledo circundados en sus tres cuartas partes por profundos valles fluviales.

La forma del peñón toledano, espacio situado en el interior del arco de meandro del torno, presenta una serie de replanos como consecuencia del progresivo encajamiento del Tajo en su valle. Su disposición ha condicionado la urbanización de la Ciudad, tanto en la extraña disposición de las calles (en origen una adaptación de la cuadrícula romana), como la disposición de las parroquias y barrios en los replanos, de manera que los edificios singulares como el Alcázar, la Catedral, el Seminario y San Juan de los Reyes, ocupan lugares preferentes en cada uno de los escalones.



Estructura en replanos escalonados del Casco Histórico de Toledo, consecuencia de las diversas fases de encajamiento del río Tajo en el Torno.

Otra influencia decisiva de la geología en la Ciudad de Toledo radica en el uso de las rocas del entorno como materiales de construcción: las calizas cretácicas del cerro de la Rosa constituyen las arquivoltas de las puertas de la Catedral y buena parte del edificio de San Juan de los Reyes; los granitos del arroyo de la Degollada están omnipresentes en el Alcázar, la Catedral y los frontispicios de numerosos palacios; las arcillas del alcaén de La Sagra han servido para fabricar

los ladrillos y las tejas de las iglesias mudéjares; incluso las calizas de la Mesa de Ocaña están presentes en detalles escultóricos de la Catedral y otros edificios blasonados.

La propia configuración geomorfológica conlleva que el río esté circundando el recinto amurallado de la Ciudad, pero topográficamente se sitúe a una cota muy inferior a la de los edificios. Además, el sustrato granítico-gnéisico impide el desarrollo de acuíferos de importancia en el subsuelo de la Ciudad, limitando el aprovechamiento de las aguas subterráneas a anchos pozos (Pozo Amargo) y almacenamiento de agua de lluvia en aljibes. Los baños debían situarse en las zonas donde existían pequeños manantiales en las laderas o vaguadas del peñón, a favor de zonas de intensa fracturación o alteración de las rocas graníticas, y que drenaban el acuífero fisural; es el caso de los baños árabes del Cenizal, situados en la plaza de las Fuentes, dentro de la vaguada que actualmente sigue la calle de la Bajada del Barco.

Este déficit en los recursos hídricos ha condicionado los numerosos intentos de construir infraestructuras para el abastecimiento urbano, desde tiempos de los romanos (presa de Alcantarilla y acueducto) hasta los diversos artilugios para elevar el agua del Tajo, entre los que destacó el de Juanelo Turriano (siglo XVI). También tuvo como consecuencia la aparición de oficios, como los aguadores o azacanes, encargados de portar agua desde los manantiales de la periferia y a través de la puerta del Vado, hasta la parte alta de la Ciudad. Incluso también es una roca (un adoquín, aparentemente de mármol) la que marca el lugar donde, según la leyenda, se arrodilló el caballo de Alfonso VI cuando pasó frente a la mezquita del Cristo de la Luz.

La interferencia entre las actividades humanas y la geología de Toledo no se queda en el relieve y las rocas como condicionantes estáticos del desarrollo urbano o social. La dinámica de los procesos fluviales y gravitacionales activos ha generado numerosas catástrofes naturales: las inundaciones de la Vega durante las crecidas y avenidas (ver paradas 6a y 6b), y los desprendimientos en el Valle.

Los procesos gravitacionales consisten en desprendimientos, deslizamientos traslacionales y avalanchas de rocas en las laderas del Valle del torno; puntualmente han afectado a los taludes de la carretera de circunvalación del Valle y a edificaciones ubicadas en el borde de los escarpes. Recientemente se ha estudiado su periodicidad mediante liquenometría, concluyendo que su desencadenamiento está condicionado, además de por la pendiente y el diaclasado, por la intensidad de las actividades humanas.

PARADA 6A. EL REGISTRO DE INUNDACIONES HISTÓRICAS EN LA PUERTA DEL VADO

Las inundaciones del Tajo en Toledo

El Tajo presenta una cuenca de drenaje de 24.788 km² hasta la estación de aforos de Toledo, con un caudal medio 44,5 m³/s (periodo 1972/2003). Su régimen, aunque está profundamente alterado por la regulación de los embalses de cabecera, es netamente pluvial y con una gran irregularidad interanual e intraanual, entre el mes más caudaloso (febrero, 91,7 m³/s) y el de mayor estiaje (agosto, 30,4 m³/s).

Sin embargo, su régimen hidrológico natural era bastante más irregular, presentando frecuentes e intensas crecidas, en las que multiplicaba por 60 su caudal medio, provocando la inundación de sus márgenes, fundamentalmente en la Vega Alta (sector Huerta del Rey-Puente de Alcántara) y Vega Baja (Cristo de la Luz-Fábrica de Armas). Son abundantes los testimonios documentales desde la Edad Media, documentos gráficos (grabados y fotografías) y marcas de nivel en edificios e infraestructuras, que nos permiten reconstruir más de medio centenar de importantes crecidas desde el año 849 hasta tiempos recientes.

Los principales eventos, con caudales superiores a 3600 m³/s, se concentraron en el periodo 1168-1211; también se produjeron gran cantidad de inundaciones en los periodos 1527-1606, 1778-1788, 1857-1876 y 1916-1951 (Benito et al., 2003). En este último intervalo se produjo la inundación del 6 de marzo de 1947, con un caudal de unos 2.900 m³/s, y que ocasionó graves daños en la Vega Alta (anegamiento de la estación de ferrocarril, rotura de la vía Toledo-Bargas, y desperfectos en molinos y azudes) y Vega Baja (paralización de la Fábrica de Armas).

El registro de La Puerta del Vado

La proximidad de la antigua Puerta del Vado de Toledo al cauce del río Tajo, su ubicación en una cota original próxima al nivel de su llanura de inundación, junto con la variabilidad inter- e intra-anual del régimen de caudales del río, han condicionado que en el entorno de la Puerta se hayan producido reiterados eventos de inundación en tiempos históricos.



Mapa de situación de la parada 6a.

Esta sucesión de eventos de inundación se puede reconstruir utilizando dos procedimientos a partir de distintas fuentes de datos complementarias: el método histórico, empleando registros documentales; y el análisis geológico-sedimentológico, utilizando los depósitos y marcas dejadas por dichas crecidas y avenidas.

Por lo que respecta al registro documental, se dispone de diversos manuscritos e impresos en los que se refieren los efectos de las inundaciones que afectaron a la Puerta del Vado (de la Almohada o del Almofala), comenzando por las citas contenidas en los Anales Toledanos, unas crónicas anónimas medievales concisas que recogen los principales acontecimientos ocurridos entre los años 712 y 1250 de nuestra era. Una cita contenida en el tomo II (página 403) de los Anales dice: “Avenida de Tajo, que cobrio el arco de la Puerta del Almohada, e andaban los barcos en el arravald, Era MCLI” (año 1113 de nuestra era). La noticia correspondiente al 28 de diciembre de 1207 (tomo I, página 394), relata: “Avenida de Tajo que cobrio la puerta del Almofala, e poyo un estado sobre el arco dia Jove, a tercer dia de Navidad, Era MCCXLV.”; un estado, cota en la que el agua superó la Puerta, era la altura de un hombre ordinario. En otras citas de los Anales (años 1168, 1178 y 1181), aparece citado expresamente que el agua llegó hasta “San Isidro” (*sic*, San Isidoro), por lo que al estar situado intramuros de la Puerta, debió también inundar ésta.

La notable frecuencia de crecidas documentadas durante los siglos XV (1435 y 1485) y XVI (1527, 1530, 1543, 1545, 1565, 1567, 1597, 1599...) fue una de las causas que motivó la sobreelevación del empedrado de la Puerta del Vado en un metro y medio respecto al suelo original; asimismo, condicionó la apertura de un nuevo hueco en la muralla, topográficamente más alto que la Puerta original, que recibiría el nombre de Puerta Nueva desde finales del siglo XVI.

El propio nombre de la Puerta alude a su situación próxima a un tramo del cauce con escasa profundidad y presencia de bancos y barras arenosas que permiten cruzarlo (vadearlo) con facilidad. Más en concreto, en este sector, el río Tajo presentó hasta el siglo XVIII un doble canal, con un brazo que circulaba por su actual trazado, y otro que se bifurcaba a la altura de la central de Safont (antigua presa del Corregidor y molinos del Cañal), para discurrir formando un arco en la margen derecha por las proximidades de la actual Estación de Autobuses y la Calle del Río Llano (de donde ésta toma su nombre); entre ambos brazos dejaban una zona semilunar emergida, conocida como Isla de Antolínez. En el sector entre el canal derecho y la muralla cerca de la Puerta del Vado se ubicaba la Huerta del Granadal, propiedad desde el siglo XIII del monasterio dominico de San Pablo del Granadal (hoy en ruinas), hasta su traslado a San Pedro Mártir durante el siglo XV. El abandono definitivo del brazo del Río Llano debió producirse en la segunda mitad del siglo XVIII, ya que aparece pintado en el plano de navegabilidad del Tajo de 1755 (Briz y Simó), pero los molinos y azudes ubicados en este ramal figuran como inactivos en un libro de vecindario de 1778: *"...están parados por el extravío del río, por cuyo motivo se hallan inservibles y sin renta."* Sin embargo, ya en 1567 se produjo una corta temporal del meandro con motivo de una avenida repentina tras un prolongado estiaje, de manera que *"... por donde solia ir todo el rrio andaban y pasaban las gentes..."*.

El registro geológico-sedimentario de inundaciones ha podido ser estudiado gracias a la calicata arqueológica practicada en el ángulo de enlace entre el lateral derecho de la antigua Puerta del Vado (hoy soterrada) y el lienzo de la muralla, por su parte extramuros. Esta calicata vertical de unos nueve metros de profundidad permite reconocer el registro geoarqueológico en dos perfiles (este y norte), donde se han levantado sendas columnas sedimentológicas.



Vista del lateral exterior derecho de la antigua Puerta del Vado.



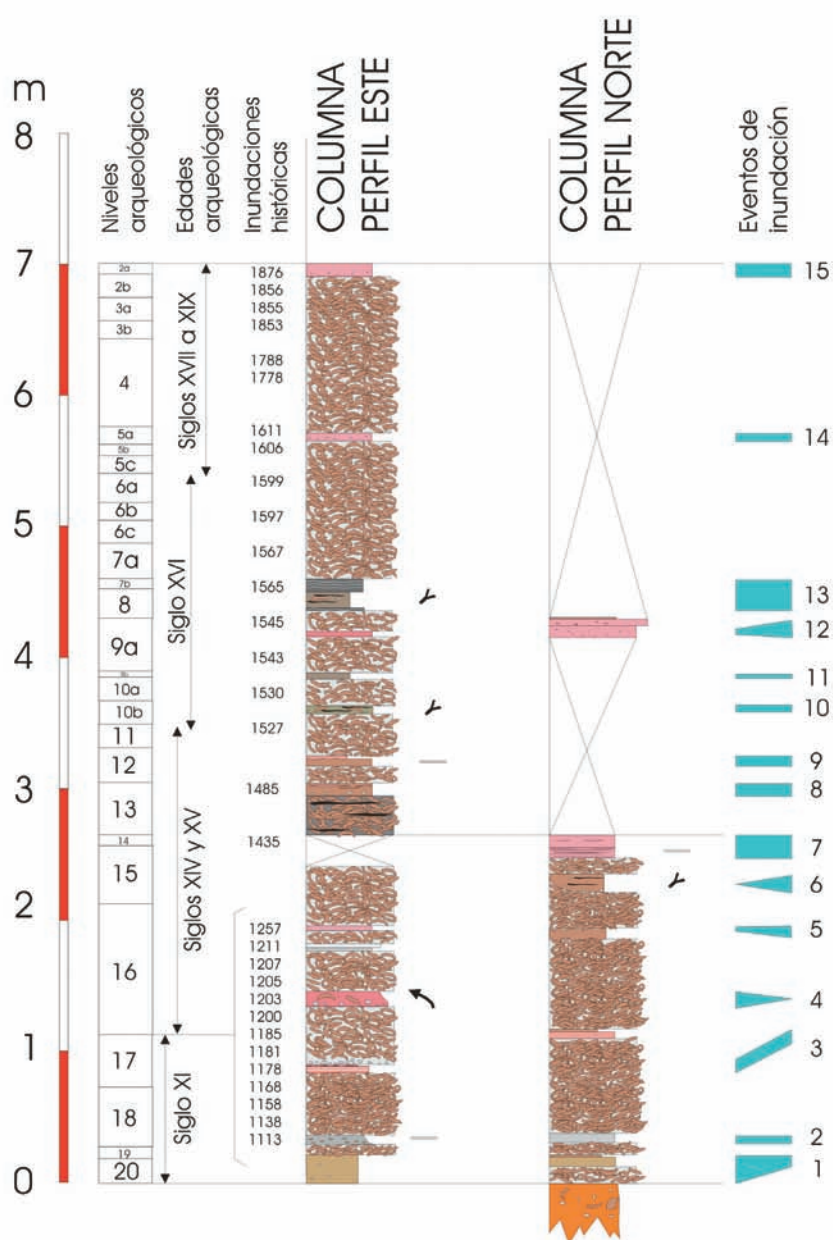
Vista de la calicata vertical de nueve metros de profundidad donde se ha realizado el sondeo arqueológico. Foto: Arturo Ruiz Taboada.

El estudio detallado de los materiales detríticos intercalados entre los niveles arqueológicos de los desechos cerámicos vertidos por alfares, así como la interpretación de sus estructuras y secuencias sedimentarias, han permitido identificar quince conjuntos de niveles que pudieran corresponder con depósitos asociados a eventos de inundación históricos. Aunque existe notable variabilidad en las secuencias características de los depósitos de cada evento, parecen ajustarse al modelo clásico de: un nivel arenoso basal con microconglomerados, gravas, cantos blandos y restos cerámicos; un nivel areno-limoso con estructuras de corriente (laminaciones subhorizontales y rizaduras); y un nivel limo-arcilloso superior con materia orgánica y/o varios dupletes de láminas limo-arcilla. Un problema para la formación y conservación de estos depósitos lo constituye la naturaleza y disposición caótica de los niveles arqueológicos con los que alternan, ya que la masiva presencia de grandes fragmentos cerámicos hace que actúen como tamiz de los depósitos de inundación suprayacentes, impidiendo su disposición en niveles horizontales bien definidos, produciendo entremezclas de materiales y dificultando su correlación, incluso dentro del mismo perfil.

También se han localizado depósitos asociados a eventos de inundación intercalados con los niveles arqueológicos del relleno del arco interior de la Puerta. Consisten en bancos irregulares de limos y arcillas pardas masivas, formadas por decantación bajo lámina de agua estancada. Probablemente se formaron por el encharcamiento que se producía intramuros, una vez cerrada la Puerta del Vado (mediados del siglo XVIII), al no poder drenar hacia el río el agua de tormentas procedente de las vaguadas que actualmente forman las calles Bajada de la Antequeruela y Azacanes.

Para la asignación de fechas a dichas inundaciones se ha descartado el uso de técnicas de datación absoluta (Carbono 14, termoluminiscencia, luminiscencia de estimulación óptica, etc.) sobre los materiales arenosos o los restos orgánicos, puesto que los ensayos realizados ofrecen resultados con altos márgenes de error temporal (superior al siglo). Por ello, ha sido preferible por su mayor precisión, la asignación de edades mediante la datación de estilos y tipologías artísticas realizada por el estudio arqueológico del material cerámico en los niveles arqueológicos (Ruiz Taboada, 2002). A partir de esta datación, se han recopilado las fechas de inundaciones históricas conocidas (en registro documental general de Toledo), para asociarlas a cada nivel como posibles fechas de los eventos.

Con el registro geológico de eventos de inundación de la Puerta del Vado se completa notablemente el discontinuo y acotado registro documental histórico, permitiendo certificar los niveles alcanzados por las crecidas del Tajo en Toledo entre inicios del siglo XII y finales del XX, cuando en 1972 se establece en Toledo la estación de aforos para el registro sistemático de los caudales.



Columnas sedimentológicas de los perfiles este y norte de la calicata arqueológica de la antigua Puerta del Vado.

PARADA 6B. LAS INUNDACIONES DE LA ANTIGUA FÁBRICA DE ARMAS DURANTE LOS SIGLOS XVIII AL XX

La antigua Fábrica de Armas de Toledo, actual sede de uno de los campus universitarios de la UCLM, se ubica en la Vega Baja, en la margen derecha del río Tajo aguas abajo del meandro del Torno, a un kilómetro y medio hacia el O-NO del recinto amurallado.



Mapa de situación de la parada 6b.



Fotografía aérea vertical de la Fábrica de Armas, con la disposición de los edificios antes de su restauración como campus universitario (diciembre 1997; Excmo. Ayuntamiento de Toledo).

Durante siglos, este sector de la denominada Vega Baja había estado ocupado por campos de cultivos agrícolas, edificaciones aisladas (hay restos de varias villas romanas y basílicas visigodas) e infraestructuras de aprovechamiento hidráulico del Tajo (azudes y molinos). La construcción de azudes desde la Edad Media supuso una subida del nivel del río, con el consiguiente aumento de la inundabilidad de las márgenes (sobre todo la derecha) durante las crecidas; por ello, durante siglos se ha producido un aporte de tierras sobre la llanura en una franja de unos 80 m entre el Cristo de la Vega y la Fábrica de Armas, produciendo una sobreelevación por relleno antrópico cuyo espesor oscila entre dos y ocho metros (Peris et al., 2001). Este es el motivo por el cual los restos arqueológicos romanos y visigodos (mosaicos y basílicas) aparecen enterrados a unos dos metros de profundidad respecto al nivel actual. En la época romana y visigoda se ha calculado que el nivel medio del río se situaría unos cuatro metros por debajo del actual y, por tanto, con menor riesgo de provocar inundaciones (Nocito, 1999).

A finales del siglo XVIII, Carlos III encarga a Francisco Sabatini la construcción de una nueva fábrica de espadas en Toledo, que deciden ubicar en este paraje (proximidades del antiguo azud y molino de Azumel) para aprovechar la fuerza motriz del río mediante la construcción de un nuevo canal de derivación (denominado desde entonces Canal de Carlos III). Esta ubicación, próxima al río y con instalaciones sobreexcavadas en la llanura de inundación (sótanos y talleres), ha hecho que desde el año 1780 (fecha de su inauguración), la actividad de esta singular industria militar haya tenido una secular interferencia con las inundaciones del río Tajo. Interferencia acrecentada con las sucesivas ampliaciones del recinto, que añadieron nuevas edificaciones aguas arriba a lo largo del siglo XIX y, sobre todo, en la primera mitad del siglo XX. En la actualidad, tras la cesión del complejo por parte del Ayuntamiento en 1999 a la universidad regional, y la progresiva rehabilitación de los edificios, está ocupada por el Campus Tecnológico de la UCLM, con modernas dotaciones de servicios y un elevado valor de bienes expuestos al riesgo.

Ya pocos años después de su construcción se empezaron a detectar los problemas con las inundaciones. En 1786, Juan Sardinero, enviado por el Conde de Lazy, elabora un informe en el que se expone: *"Se encuentra la desgracia de no haberse elegido con conocimiento el terreno sobre el qual se ha construido la Casa: está a orilla del mismo río quando debía haberse puesto mas distante para preservarla de las inundaciones que aora son precisas"* (AGS, G.M. leg. 429); circunstancia ésta que fue notificada al propio Rey en julio de ese año: *"Hallandose el Rey noticioso deque la Fabrica de armas de Toledo en varias avenidas del Rio Tajo tiene que parar sus Maquinas, siguiendose de esta inaccion notable perjuicio en el atraso de sus labores..."* (AGS, G.M. leg. 429). El propio Sabatini, diseñador de la Fábrica, reconocía en junio de 1781, respecto a

una propuesta de reformas: “... lo que hice ver con evidencia que la Maquina que queria establecer (cuando surtiese un buen efecto) estaria sujeta a los mismos inconvenientes, en tiempo de abenidas, q. la establecida y todas las Maquinas hidráulicas, esto es, el estar paradas el corto tiempo, que por lo regular puede durar una avenida” (AGS, G.M. leg. 428).

De hecho, en las Relaciones Mensuales de esas dos décadas (1780-1800) aparecen reflejados al menos cuatro eventos importantes de inundación:

- Febrero y marzo de 1788, “...no ocurre otra novedad, que la de haber parado las Maquinas de amolar, a causa de las avenidas del Río, seis o siete días ha, en cuyo estado se hallan todavía, por la mucha lentitud con la que van bajando las aguas” Toledo, 2 de marzo de 1788; “... no ocurre más novedad, que la de haber estado la mayor parte de el [mes pasado], paradas las maquinas de amolar a causa de las avenidas del Río...”, Toledo 3 de abril de 1788 (AGS, Secretaría de Guerra, leg. 429).

- Enero de 1792, “...en el que no se han entregado todas las espadas concluidas por los Forzadores, a causa de la Avenida grande el Rio, que ha hecho parar muchos días las Maquinas de Amolar...” Toledo 2 de febrero de 1792 (AGS, Secretaría de Guerra, leg. 430).

- Abril de 1795, “...pues tuvieron que parar las Maquinas algunos días, por las avenidas del Tajo...” (AGS, Secretaría de Guerra, leg. 432).

- Febrero de 1796, “...el numero de espadas construidas en el, se advierte ser mucho menor, que el de otros meses, cuya notable diferencia consiste en la grande avenida del Tajo, y su mucha duración, que ha impedido el trabajo de los amoladores, haciendo parar las maquinas mas de 14 [ó 15] dias, y por consiguiente, no poder poner las Hojas forjadas en estado de probarse; pero este atraso quedara luego resarcido, respecto de hallarse ya dicho río en su cursos regular...” (AGS, Secretaría de Guerra, leg. 432).

A mediados del siglo XIX, el Diccionario Geográfico-Estadístico de Madoz recoge respecto a la Fábrica de Armas “... en su construcción se cometieron errores... el desagüe está igualmente próximo y con poco declive, sucediendo que en todas las avenidas se paren las máquinas por quedar ahogadas. Para ocurrir a la falta en verano...”.

A lo largo de la segunda mitad del siglo XIX, a juzgar por las placas de nivel situadas en los sótanos traseros del edificio de Sabatini, se produjeron varias

inundaciones del recinto fabril, si bien sólo afectaron a las partes más bajas (excavadas y/o cercanas al río), como los talleres y salas de maquinaria próximas al Canal de Carlos III, ya que las marcas se ubican por debajo del nivel del suelo del recinto. Están registradas las alturas de lámina de agua en las fechas: 26 de mayo de 1853, 20 de febrero de 1855, 28 de septiembre de 1855, 2 de octubre de 1855, 11 de octubre de 1855, 15 de octubre de 1855 y 27 de diciembre de 1860; en realidad corresponden a cuatro eventos de inundación diferentes (mayo de 1853, febrero de 1855, septiembre-octubre de 1855 y diciembre de 1860), ya que cuatro de ellas pertenecen al mismo evento, lo que nos permite reconstruir el limnigrama de la crecida de septiembre-octubre de 1855.



Situación de las placas ubicadas en el sótano del edificio de Sabatini, que marcan el nivel alcanzado por algunas de las inundaciones de la segunda mitad del siglo XIX.

Desde principios del siglo XX, numerosas reseñas de noticias en la prensa local se hacen eco de la incidencia de las inundaciones en la Fábrica de Armas (González, 2003). El periódico El Castellano correspondiente al 13 de diciembre de 1910 recoge: *"Paralización de trabajos. Como consecuencia de la enorme crecida del Tajo, varios talleres de la Fábrica de Armas han tenido que suspender sus trabajos, siendo muchos los obreros y obreras que con ese motivo han perdido de ganar el jornal"*. Ese mismo periódico, en su edición de 28 de marzo de 1924 cita: *"La Fábrica de Armas. El río alcanza un caudal considerable por la parte de la Fábrica Nacional de Armas, llegando el agua hasta los cimientos de algunos de los nuevos talleres en construcción"*. El periódico del día siguiente detalla: *"En la Fábrica de Armas. Por los jefes de este importante Centro fabril, se ha adoptado el acuerdo de que mientras subsistan las actuales circunstancias por motivo de la crecida del río, deje de trabajar diariamente un grupo, pues el turbo no tiene suficiente fuerza para todos los talleres. Hoy le ha correspondido parar al primer grupo de obreros que comprenden los talleres de cirugía, forja, ajuste y montura, alcanzando el paro a unos 300 operarios"*. Nuevamente el diario El Castellano de 24 de diciembre de 1925 cita: *"En la Fábrica de Armas y huertas bañadas por el Tajo se ha notado esta crecida, habiéndose tomado precauciones. De esperar es que no se registren las inundaciones que hace dos años padecimos"*.

Singulares daños produjo la inundación de marzo de 1947, de cuyas consecuencias en la Fábrica de Armas se dispone de abundantes noticias en prensa escrita, documentos gráficos (fotografías en blanco y negro), y marcas y placas de nivel. El diario El Alcázar del 6 de marzo de 1947 recogía: *"Varios talleres de la fábrica de armas quedaron también anegados. Las aguas produjeron destrozos en el puente de hierro colgante"*. La incidencia de esta inundación en la Fábrica de Armas ha sido objeto de un trabajo específico (González, 2003), realizándose una detallada modelación hidráulica a partir de las marcas de nivel, reconstruyendo con precisión las zonas inundadas, y obteniendo mapas batimétricos a partir de la combinación de las aplicaciones HEC-RAS y ArcViewGIS, mediante la extensión HEC-GeoRAS.

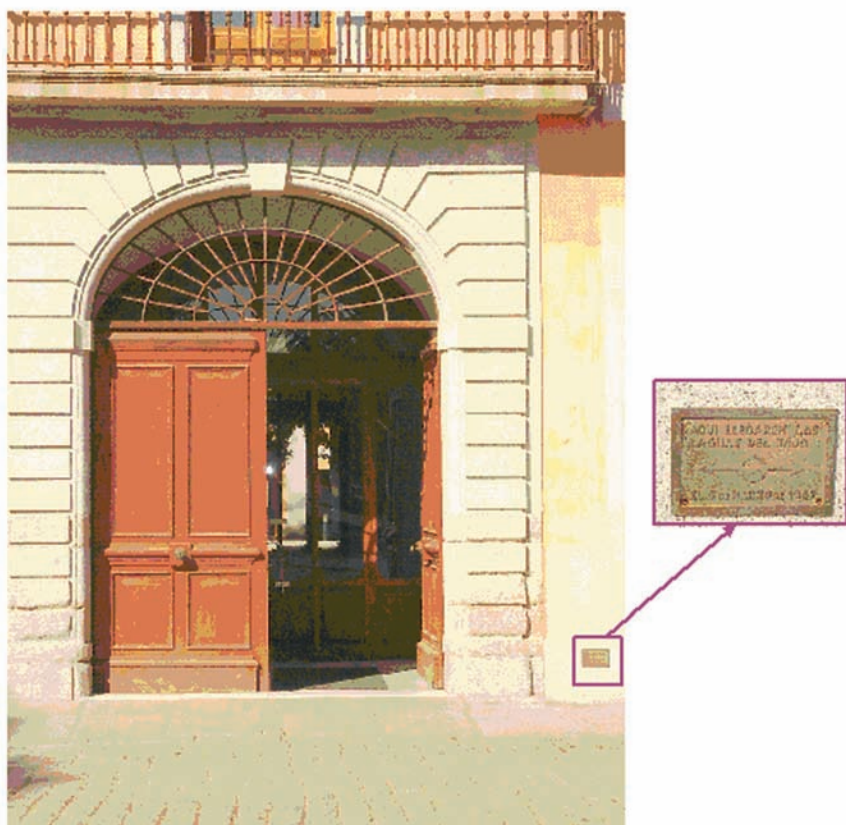
No se tienen noticias de posteriores eventos de inundación que afectasen al recinto fabril, si bien varios de los antiguos trabajadores recuerdan que apenas unos años más tarde de la crecida de 1947, se produjeron un par de elevaciones del nivel del río durante crecidas ordinarias, que pusieron en alerta a los responsables de la Fábrica, procediendo a instalar barreras que evitasen la inundación.

Las marcas y placas de inundaciones se distribuyen en varios edificios y a diferentes alturas sobre el nivel del suelo, según su posición topográfica y proximidad al cauce del Tajo: tres marcas de situación de placas rectangulares de bronce

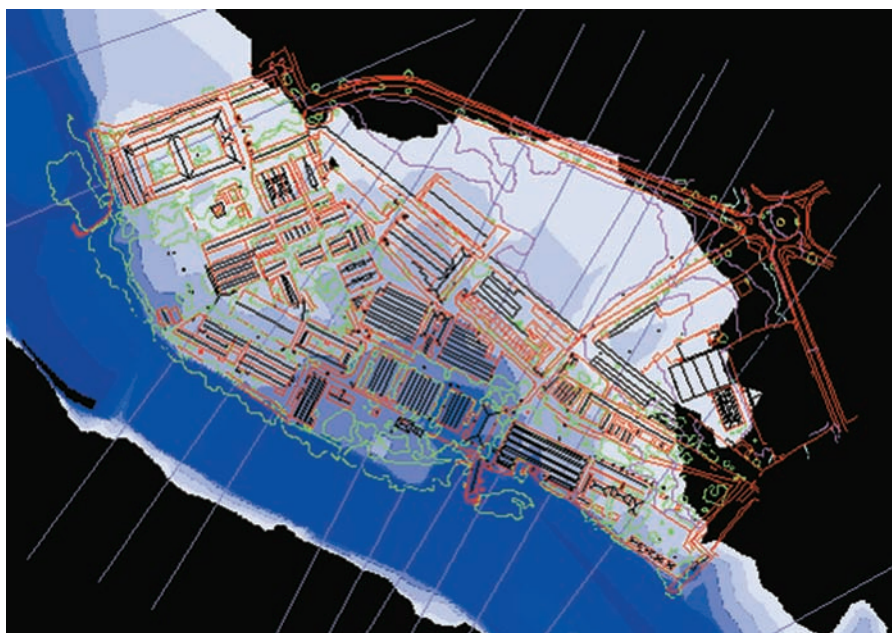
del 6 de marzo de 1947 se ubican en las paredes del antiguo Taller de Cirugía, en la actualidad provisionalmente habilitado como aparcamiento de vehículos del personal de la UCLM; una más en la fachada principal del antiguo molino y central de Azumel; otra de esta fecha en la fachada occidental del antiguo Almacén; y la última del año 1947, con la placa de bronce repuesta al haberse restaurado el edificio, se encuentra en la fachada principal del Edificio Sabatini, en el lateral derecho de la puerta de acceso (ligeramente desplazada respecto a su ubicación original); por último, las siete placas del siglo XIX se ubican en un semisótano de la trasera del Edificio Sabatini, próximas al acceso al canal de Carlos III. Parece ser que en su momento hubo muchas más placas en los edificios de la antigua Fábrica, pero han desaparecido por el pillaje o por haber sido retiradas durante el proceso de restauración de edificios para su adecuación como campus universitario; se tienen noticias orales (transmitidas por miembros de la Asociación de Antiguos Trabajadores) de más placas en la antigua Escuela de Aprendices (actual pabellón polideportivo) y en los edificios próximos.



Foto de la fachada principal del edificio Sabatini durante la inundación de marzo de 1947, con los obreros evacuando enseres en barca (a); y situación actual de la misma zona (b).



Placa de bronce que marca la altura alcanzada por la inundación de 1947, ubicada en la puerta principal del edificio de Sabatini.



Mapa de isobatas durante la inundación de 1947 en el recinto de la antigua Fábrica de Armas de Toledo. Las líneas transversales al cauce del río Tajo corresponden con las secciones del modelo hidráulico. Equidistancia entre tonos de grises: 0,7 m (González, 2003).

A pesar de la reducción en la peligrosidad que supuso la construcción de numerosas presas de embalse en el río Tajo y sus afluentes aguas arriba de Toledo, la gran cantidad de instrumental científico y material informático actualmente existente en el edificio Sabatini, hace que aún persista un riesgo remanente no desdeñable (Mora, 2007).

PARA SABER MÁS (REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS):

Publicaciones generales de divulgación

Benito, G. y Díez Herrero, A. (2004). *Itinerarios geomorfológicos por Castilla-La Mancha*. Excursiones de la VIII Reunión Nacional de Geomorfología. Sociedad Española de Geomorfología y CSIC, 160 págs., Madrid.

Caballero, J.; Carrasco, R.M. y Díez, A. (2003). Paisajes Geológicos de Toledo. En: R. Nuche, R. (ed.), *Patrimonio Geológico de Castilla-La Mancha*, ENRESA, Llanera (Asturias), 334-419.

Díez, A. y Martín Duque, J.F. (2005). *Las raíces del paisaje. Condicionantes geológicos del territorio de Segovia*. En: Abella Mardones, J.A.; Salinas, B. y Yoldi, L. (Coords.), Colección Hombre y Naturaleza, VII. Ed. Junta de Castilla y León, 464 págs.

Publicaciones científicas y especializadas

Aguirre, E. (1964). Los elefantes de las terrazas medias de Toledo y la edad de estos depósitos. *Colpa*, 4. 7-8.

Aguirre, E. (1968). Revisión sistemática de los Elephantidae por su morfología y morfometría dentaria. *Estudios Geológicos*, 24. 109-166.

Alfárez Delgado, F. (1977). Estudio del sistema de terrazas del río Tajo al O de Toledo. *Estudios Geológicos*, 33, 223-250.

Alía Medina, M. (1945). Notas morfológicas de la región toledana. *Las Ciencias*, 10, 1. 95-114.

Alonso, I. (1970). Estratigrafía y sedimentología del Cretácico del borde N de la meseta de Toledo: Cerro de la Rosa. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 1.

Aparicio, A. (1985). Estudio geológico del macizo cristalino de Toledo. *Estudios Geológicos*, 27, 369-414.

Barbero, L. (1992). *Plutonismo sin-orogénico en un área hercínica: el Complejo Anatéctico de Toledo*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Barbero, L. (1998). Granitoides sin-orogénicos en el sector oriental del complejo anatético de Toledo (zona Central del Hercínico Ibérico). *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, vol. 21a, pp. 40-41.

Barbero, L. y Villaseca, C. (1996). El Complejo Anatético de Toledo. En: Segura, M.; Bustamante, I. y Bardají, T. (Eds.), *Itinerarios Geológicos desde Alcalá de Henares*, 7-27, IV Congreso Geológico de España, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares (Madrid).

Benito, G.; Díez-Herrero, A. y Fernández de Villalta, M. (2003). Magnitude and Frequency of flooding in the Tagus Basin (Central Spain) over the Last Millenium. *Climatic Change*, 58, 171-192.

Benito, G.; Díez-Herrero, A. y Fernández De Villalta, M. (2004). Flood response to solar activity in the Tagus Basin (Central Spain) over the Last Millennium. Response to J.M. Vaquero 'Solar Signal in the Number of Floods Recorded for the Tagus River over the Last Millennium'. *Climatic Change*, 66, 27-28.

Calvo, J.P.; Hoyos Gómez, M.; Morales Romero, J. y Ordóñez, S. (1992). Estratigrafía, sedimentología y materias primas minerales del Neógeno de la Cuenca de Madrid. *III Congreso Geológico de España y VIII de Latinoamérica. Libro de excursiones*, 139-179.

Carandel, J. (1922). Topografía comparada de cuatro localidades ribereñas españolas: Toledo, Montoro (Córdoba), Arcos de la Frontera (Cádiz) y Castro del Río (Córdoba). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XXII, 440-452.

Cerro, R. del (1998). *Toledo. La magia de tres culturas*. Guías Límite visual, Mérida (Badajoz), 415 págs.

Dantín Cereceda (1912). Resumen fisiográfico de la Península Ibérica. *Trabajos del Museo de Ciencias Naturales*, Serie Geológica, 4.

De la Cruz, J. (1997). *Historia de Toledo*. Ed. Azacanes. Librería Universitaria de Toledo, Toledo.

Díaz Molina, M. y Pérez-González, A. (1979). Estudio geológico de la terraza de Pinedo. En: M.A. Querol y M. Santonja (eds.), *El Yacimiento Achelense de Pinedo*, Excav. Arqueológicas en España. M.C., 19-36.

Díaz-Guerra, C. (1999). Condiciones físicas y geológicas del emplazamiento toledano. En: J.M. Macías y C. Segura (coord.), *Historia del abastecimiento y usos del agua en la Ciudad de Toledo*, 23-34, Confederación Hidrográfica del Tajo, Madrid.

Díez-Herrero A.; Benito y Ruiz-Taboada, A. (2005). The paleohydrological record of historical floods at the Puerta del Vado of Toledo (Tajo River Basin, Central Spain). In: F. Gutiérrez, M. Gutiérrez, G. Desir, J. Guerrero, P. Lucha, C. Martín, J.M. García-Ruiz (Eds.), *Abstracts Volume, Sixth International Conference on Geomorphology. Fluvial Geomorphology and Palaeohydrology*, pag. 113. Zaragoza (Spain) September 7-11, IAG-SEG-UZAR.

Díez Herrero, A.; Benito, G. y Ruiz Taboada, A.; Fernández-Villalta, M. (2007). La dimensión del cambio climático en la cuenca media del Tajo a través del registro de inundaciones históricas en Toledo durante el último milenio. Libro de resúmenes. *I Congreso Nacional sobre el Cambio Global*, Madrid, 25-27 de abril de 2007.

Eusebio, I. de (2006). *Análisis del riesgo de inundaciones de los núcleos de población en la provincia de Toledo. Análisis de inundabilidad en la Vega Alta de Toledo*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad de Castilla-La Mancha, Facultad de Ciencias del Medio Ambiente, Toledo.

Fernández Casado, C. (1980). Historia del puente en España. Puentes Romanos. Artículos publicados en la Revista "*Informes de la Construcción*", del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento (CSIC), entre 1955 y 1980.

Flórez, E. (1767). *España Sagrada*, Tomo XXIII, Madrid, 28 vol.

García del Pino, I. y Sánchez Pérez, M.A. (2001). *El Tajo. Destino de ríos y de hombres*. Colección Ríos Ibéricos. Agesma Editores, Talavera de la Reina, 257 págs.

Gómez de Llerena y Pou, J. (1923). *Guía geológica de los alrededores de Toledo*. Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Madrid, 5 págs.

González Corrochano, B. (2003). *Análisis de la peligrosidad de inundaciones en el Campus de la Fábrica de Armas de Toledo*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad de Castilla-La Mancha, Facultad de Ciencias del Medio Ambiente, Toledo, 46 págs. + anexos.

González Martín, J. A. y Vázquez González, A. (1992). *Guía de los espacios naturales de Castilla-La Mancha*. Servicio de Publicaciones de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo, 710 págs.

González Martín, J.A. y Asensio Amor, I. (1983). Estudio geomorfológico de las terrazas fluviales cuaternarias del valle del Tajo (sector Aranjuez-Toledo). *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 5, 485-517.

Hernández-Pacheco, E. (1911). Itinerario geológico en Toledo a Urda. *Trab. Mus. Nac. Cien. Nat.* (Serie Geología), 1, 46 pp.

Hernández-Pacheco, E. (1912). Itinerario geológico de Toledo a Urda. *Trabajos del Museo de Ciencias Naturales*, Serie Geológica, I. Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Madrid, 46 págs.

Hernández-Pacheco, E. (1929). *Datos geológicos de la meseta toledano-cacereña y de la fosa del Tajo*. Madrid, 183-202.

Hernández-Pacheco, E. (1931). El meandro encajado del Tajo en torno a Toledo. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XXX, 116-119.

Hernández-Pacheco, E. y Royo Gómez, J. (1930). Discusión respecto del torno del Tajo en Toledo. *Real Sociedad Española de Historia Natural*, págs. 115-122 y 193-196.

Herrero Matías, M. (1988). *Mapa geomorfológico de Toledo-Sonseca, escala 1:50.000*. MOPU, IGN y UCM, Madrid.

Horozco, S. de (1981). *Relaciones Históricas Toledanas*. Transcripción del Ms. 9175 de la Biblioteca Nacional por J. Weiner, Instituto Provincial de Investigaciones y Estudios Toledanos (CSIC), Toledo, 240 pp.

Jiménez-Ballesta, R. (1986). *Excursión a las terrazas del valle del río Tajo*, de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. Ciclostilado.

Llorente, M.; Díez-Herrero, A.; Benito, G.; Lain, L. y Ballesteros, J.A. (2007). Incidencia de la disponibilidad documental y el cambio en los usos del suelo en la percepción del fenómeno de las inundaciones y el sesgo en los análisis de su frecuencia. Libro de resúmenes. *I Congreso Nacional sobre el Cambio Global*, Madrid, 25-27 de abril de 2007.

López-García, J.A.; Villaseca, C. y Barbero, L. (2003). Estudio preliminar de las mineralizaciones de Pb-Zn de Mazarambroz, banda milonítica de Toledo. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, vol. 26A, 171-172

Macpherson, J. (1901). Ensayo de historia evolutiva de la Península Ibérica. *Anales de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XXV, 123-161.

Macpherson, J. (1905). El torno del Tajo en Toledo. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, V, 100-101.

Martín Aguado, M. (1959) ¿Mamut o Elefante Antiguo? *Revista Toledo*, 44 y 45.

Martín Aguado, M. (1960). Las primeras piedras de nuestra prehistoria. *Revista de la Diputación "Provincia"*, 25, 2-8.

Martín Aguado, M. (1960-62a). El hombre primitivo en Toledo. *Toletvm*, 3, 175-206.

Martín Aguado, M. (1960-62b). El poblamiento prehistórico de Toledo. *Toletvm*, 3, 207-227.

Martín Aguado, M. (1962). Recientes hallazgos prehistóricos en las graveras de Toledo. *Estudios Geológicos*, XVIII, 119-154.

Martín Aguado, M. (1963a). Consideraciones sobre las terrazas del Tajo en Toledo. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 71, 163-178.

Martín Aguado, M. (1963b). *El yacimiento de Pinedo y su industria triédrica*. IPIET, ser. 2ª, vol. 1, 70 págs. Diputación de Toledo.

Martín Aguado, M. (1981). Nota sobre el cerro del Bú. *Toletvm*, 11, 409-410.

Martín Aguado, M. (1990a). Mi contribución al estudio de la prehistoria de Toledo y su importancia para la Prehistoria en general. *Actas del I Congreso de Arqueología de la provincia de Toledo*, 67-124. Diputación de Toledo.

Martín Aguado, M. (1990b). El origen del torno del Tajo en Toledo y sus implicaciones geomorfológicas y prehistóricas. *Toletvm*, 24, 39-110.

Martín Aguado, M. (1992). Origen del torno del Tajo en Toledo. *Boletín Geológico y Minero*, 103 (5), 814-836.

Martín Aguado, M. (1994). Mas sobre el torno y sobre Pinedo. *Toletvm*, 30, 59-122.

Martín Aguado, M. (1999). El Tajo: Historia de un río. *Toletvm*, 40, 9-116.

Martín-Arroyo, T.; Ruiz-Zapata, B.; Pérez-González, A.; Dorado, A.; Valdeolmillos, A. y Gil, M.J. (2000). Registro paleoclimático del Pleistoceno medio en el valle del río Tajo. *Geotemas*, 1, 4. 259-262.

Martín Banda, R.; Molina, E.; Martín-Serrano, A.; Cantano, M.; Martín Rubí, J.A. y Rubio, A. (2006). Paleoalteraciones de los depósitos de piedemonte cenozoicos del NE de Montes de Toledo, España. *Boletín Geológico y Minero*, 117 (Num. Monográfico Especial), 525-530.

Martín Escorza, C. y López Martínez, J. (1978). Análisis mesoestructural en la Unidad Migmatítica de Toledo. *Estudios Geológicos*, 34, 34-43.

Martín Escorza, C.; Carbó, A. y González, A. (1976). Contribución al conocimiento geológico del Terciario aflorante al Norte de Toledo. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 71, 163-178.

Martín-Serrano, A. y Molina, E. (1989). Montes de Toledo y Extremadura. En ITGE (Ed.), *Memoria del Mapa de Cuaternario de España a escala 1:1.000.000*, pp. 187-200.

Martín-Serrano, A.; Molina, E.; Nozal, F.; Carral, M.P. (2004). Transversal en los Montes de Toledo. En: Benito, G. y Díez Herrero, A. (2004). *Itinerarios geomorfológicos por Castilla-La Mancha*. Excursiones de la VIII Reunión Nacional de Geomorfología, 51-79. Sociedad Española de Geomorfología y CSIC, 160 págs., Madrid.

Meléndez, F.; Morillo-Velarde, M.J. y Meléndez, I. (1979). *Excursiones geológicas por la región central de España*. Paraninfo, Madrid, 94 págs.

Molina, E. (1980). Alteración relictas y morfogénesis del macizo cristalino de Toledo. *Est. Geol. Salmanticensis*, 16, 15-25.

MOPU (1985). *Estudio de Inundaciones Históricas. Mapas de Riesgos Potenciales*. Cuenca del Tajo. Dirección General de Protección Civil y Dirección General de Obras Hidráulicas, 2 vol., pag. var.

Mora, E. de (2007). *Análisis del riesgo de inundaciones en el Campus de la Fábrica de Armas de Toledo*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad de Castilla-La Mancha, Facultad de Ciencias del Medio Ambiente, Toledo, 150 págs.

Moreno Nieto, L. (1983). *Toledo y su río*. Colección Miradero, 3. Editorial Zoco-dover, 11 págs, Toledo.

Muñoz Jiménez (1986). La meseta cristalina de Toledo. En: *Atlas de Geomorfología*. Alianza Editorial, Madrid.

Muñoz, J. (1977). Toledo. En: Martínez de Pisón, E. (Dtor.), *Los paisajes naturales de Segovia, Ávila, Toledo y Cáceres. Estudio Geográfico*, 107-173. Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid, 246 págs.

Nocito, J. (1999). *Informe geológico sobre la Fábrica de Armas*. GEONOC.

Pareja, A.; Vázquez, A. y Rubio, V. (1998). *Tajo Tejo. Río Ibérico*. Antonio Pareja Editor, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha e Iberdrola, Madrid, 353 págs.

Pérez-González, A. (1994): Depresión del Tajo. En: M. Gutiérrez Elorza (ed.), *Geomorfología de España*, Rueda, Madrid, 389-436.

Pérez-González, A. y Gallardo, J. (2004). El vértice Pozuela en la Meseta Toledana. En: Pérez-González, A.; Silva, P.G.; Roquero, E. y Gallardo, J., *Geomorfología fluvial y edafología del sector meridional de la Cuenca de Madrid (Toledo-Madrid)*. En: Benito, G. y Díez Herrero, A. (2004). *Itinerarios geomorfológicos por Castilla-La Mancha*. Excursiones de la VIII Reunión Nacional de Geomorfología, 13-48. Sociedad Española de Geomorfología y CSIC, 160 págs., Madrid.

Pérez-González, A.; Gallardo, J. y Santonja, M. (2004). La terraza de Pinedo. En: Pérez-González, A.; Silva, P.G.; Roquero, E. y Gallardo, J., *Geomorfología fluvial y edafología del sector meridional de la Cuenca de Madrid (Toledo-Madrid)*. En: Benito, G. y Díez Herrero, A. (2004). *Itinerarios geomorfológicos por Castilla-La Mancha*. Excursiones de la VIII Reunión Nacional de Geomorfología, 13-48. Sociedad Española de Geomorfología y CSIC, 160 págs., Madrid.

Pérez-González, A.; Pinilla, L.; Almorox, J.; Benito, M.; Gallardo, J.; Aparicio, M.T.; Sesé, C.; Soto, E.; Bógalo, M.C.; Séller, P.; Osete, M.L.; Calderón, T.; Martín, T.; Ruiz Zapata, B.; Parés, J. M.; Rendell, H.M. y Santonja, M. (1997). Palaeoclimatic and environmental study of Quaternary deposits in the river Tajo valley. En: *Palaeoclimatological revision of climate evolution and environments in western Mediterranean regions*. E.C. Nuclear Science and Technology, 23-30. Brussels-Luxembourg.

Peris, D.; Elvira, R. y De Lucas (2001). *El edificio Sabatini en la Fábrica de Armas de Toledo*. Universidad de Castilla-La Mancha, 192 págs.

Pisa, F. de (1605). *Descripción de la Imperial Ciudad de Toledo*. Toledo (reeditado en 1974).

Porres Martín-Cleto, J. (1993). *Los Anales Toledanos I y II*. Instituto Provincial de Investigaciones y Estudios Toledanos, Diputación Provincial de Toledo, Toledo, 244 págs.

Pozo Rodríguez, M.; González Yélamos, J. y Gíner Robles, J.L. (2004). *Geología Práctica*. Pearson Educación S.A. Madrid, 352 págs.

Querol, M.A. y Santonja, M. (eds.) (1979). El yacimiento achelense de Pinedo (Toledo). *Excav. Arqueológicas en España*, M.C.

Rey Pastor, A. (1928). Bosquejo geomorfológico del peñón toledano. *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes y Ciencias de Toledo*, números 36 y 37.

Rojas, J.M. y Villa, J.R. (1996). Carrera, 29. En: F.J. Sánchez-Palencia et al. (coord.), *Toledo; Arqueología en la Ciudad*, 189-198, Servicio de Publicaciones de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo, 319 págs.

Roquero, E. (1994). *Relación suelos-geomorfología en el sector centro-meridional de la cuenca de Madrid*. Tesis Doctoral, UCM, Madrid, 500 págs. (inédita).

Roquero, E. (2001). *Relación suelos-geomorfología en el sector centro-meridional de la cuenca de Madrid*. Tesis Doctoral, UCM, Madrid, 500 págs., Edición en CD-ROM.

Roquero, E.; Goy, J.L. y Zazo, C. (1997). Nuevos índices cronológicos de evolución de los suelos en terrazas fluviales. *Estudios Geológicos*, 53, 3-15.

Roquero, E.; Goy, J.L. y Zazo, C. (1999). Fenómenos de convergencia genética en suelos de terrazas fluviales: Valle del Río Tajo, Madrid-Toledo, España. *Rev. Soc. Geol. España*, 12 (3-4). 329-338.

Roquero, E.; Silva P.G.; Rubio, F. y Martín Serrano, A. (2000). Desarrollo de un microrelieve tipo gilgai en los depósitos cuaternarios de la Depresión Prados-Guatén (SW Madrid). *Actas de la 5ª Reun. Nac. Geomorfología, Madrid*.

Roquero, E.; Silva, P.G. y Bardají, T. (1996). Evolución Geomorfológica de los Valles del sector centro-meridional de la Cuenca de Madrid. En: M. Segura, I. Bustamante y T. Bardají (eds.), *Itinerarios Geológicos desde Alcalá de Henares*, Serv. Pub. Univ. Alcalá de Henares, Madrid, 99-119.

Royo Gómez, J. (1917). Datos para la Geología de la submeseta del Tajo. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 17. 519-527.

Royo Gómez, J. (1929). El torno del Tajo en Toledo. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XV, 491-502.

Royo Gómez, J. (1930). El torno del Tajo en Toledo. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XXX, 119-122.

Ruiz, A. (2002). Aproximación al estudio del recinto amurallado de Toledo: el descubrimiento de la Puerta del Vado. *Tulaytula*, 9, 55-82.

Ruiz-Zapata, M.B.; Pérez-González, A.; Dorado, M.; Valdeolmillos, A.; Bustamante, I. y Gil, M.J. (2000). Caracterización climática de las etapas áridas del Pleistoceno superior en la región central peninsular. *Geotemas*, 1, 4. 273-278.

Rus, I.; Roquero, E.; Mazo, A. y Enamorado, J. (1993). Terrazas del Pleistoceno Medio y Fauna e Industria Asociada. *Tercera Reun..Cuaternario Ibérico*, Resúmenes, 86, Coimbra, Portugal.

Sales Córdoba Bravo, F. de (1981). *Geología y minería de la provincia de Toledo*. Publicaciones del I.P.I.E.T., serie VI. Temas Toledanos, Toledo.

Sesé, C.; Soto, E. y Pérez-González, A. (2000). Mamíferos de las terrazas del valle del Tajo: Primeros datos de micromamíferos del Pleistoceno de Toledo (España central). *Geogaceta*, 28. 137-140.

Uribelarrea, D.; Díez Herrero, A. y Benito, G. (2004). Actividad antrópica, crecidas y dinámica fluvial en el sistema Jarama-Tajo. En: Benito, G. y Díez Herrero, A. (2004). *Itinerarios geomorfológicos por Castilla-La Mancha*. Excursiones de la VIII Reunión Nacional de Geomorfología, 83-121. Sociedad Española de Geomorfología y CSIC, 160 págs., Madrid.

Villaseca, C.; López García, J.A. y Barbero, L. (2005). Estudio de la composición isotópica (Pb-S-O) de las mineralizaciones Pb-Zn de Mazarambroz (Banda Milonítica de Toledo). *Geogaceta*, 38, 271-274.

TABLA-RESUMEN DEL TIEMPO GEOLÓGICO

Millones de años (antes o después)	EÓN	ERA	PERIODO	Principales acontecimientos a escala planetaria
0	Fanerozoico	Cenozoico "Terciaria"	Cuaternario	Prehistoria e Historia humana Glaciación Cuaternaria
1,6			Neógeno	Deseccación del Mediterráneo Orogenia Alpina
23				Primeros homínidos
65		Mesozoico o "Secundaria"	Paleógeno	Declive de los bosques tropicales Expansión de las praderas Primeros primates
135			Cretácico	Extinción de los dinosaurios
205			Jurásico	Primeras plantas con flores
250			Triásico	Aparecen las aves Primeros mamíferos
290		Paleozoico o "Primaria"	Pérmico	Gran extinción de formas de vida
355			Carbonífero	Orogenia Varisca o Hercínica Primeras gimnospermas
410			Devónico	Primeros insectos Orogenia Caledónica
438			Silúrico	Primeras plantas terrestres
510			Ordovícico	Primeros vertebrados
570			Cámbrico	Orogenia Cadomiense Diversificación de las formas de vida
570	Proterozoico	Neo-	Precámbrico	Primeros animales
2500		Meso-		Orogenia Panafricana
4550		Paleo-		Aparición de las algas azules Primeras formas de vida conocidas
4550	Arcaico	Neo- Meso- Paleo- Eo-		Rocas más antiguas Formación de la Tierra como planeta



This image shows a full page of a document template designed for handwriting practice or general writing. It consists of approximately 30 evenly spaced, horizontal dotted lines extending across the entire width of the page. The background is plain white, and there are no margins, headers, footers, or other markings present.

