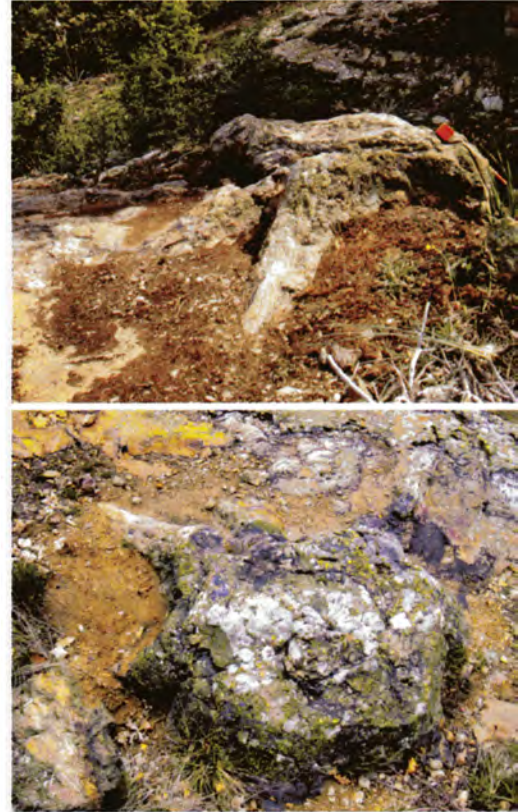


Texto y fotos: Alfonso Sopena y Yolanda Sánchez

Un bosque fósil de hace 280 millones de años

En la provincia de Guadalajara, como si de una Pompeya paleobotánica se tratara, los restos fosilizados de un bosque del Pérmico han llegado hasta nuestros días en forma de troncos, tocones, impresiones de hojas y granos de polen.

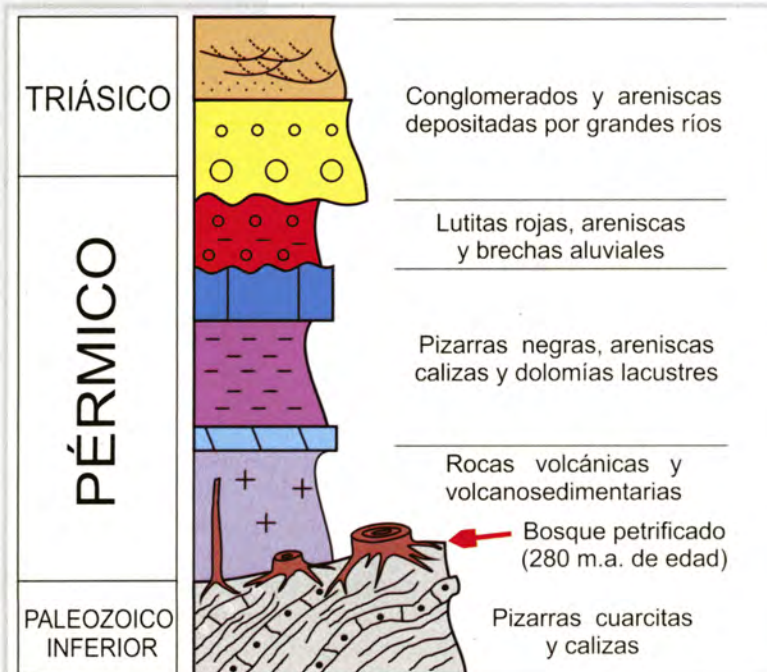


A la derecha, vista lateral y cenital del tocón de un árbol fósil aún enraizado. Su antigüedad se sitúa en la zona de contacto entre el Paleozoico Inferior y el Pérmico, hace unos 280 millones de años.

Debajo, esquema de la sucesión estratigráfica que contiene el bosque fósil del Pérmico en la provincia de Guadalajara.

El Geoparque de la Comarca de Molina de Aragón-Alto Tajo está situado en la provincia de Guadalajara y reúne un excepcional patrimonio geológico que abarca una parte significativa de la historia de la Tierra. En concreto, permite seguir la evolución paleogeográfica de la región desde hace casi 480 millones de años (Ma). Además de magníficos cañones excavados en las rocas del Mesozoico, como las hoces de los ríos Gallo y Tajo, o morfologías ruinosas como la sierra de Caldereros,

uno de sus rasgos más llamativos es la preservación de madera fósil (xilópalos) y otros restos vegetales del Pérmico Inferior, un periodo de la historia de nuestro planeta comprendido entre los 299 y los 251 Ma. En aquellos tiempos





Arriba, restos de un tronco que arrastró una violenta erupción volcánica del Pérmico y que hoy encontramos petrificado.

Debajo, situación aproximada de la península Ibérica y Guadalajara (punto blanco) en el contexto paleogeográfico de finales del Carbonífero y comienzos del Pérmico.



se consolidó definitivamente un único continente llamado Pangea rodeado por un enorme océano, Panthalassa, que reunía a todas las aguas marinas.

Entre finales del Carbonífero y principios de Pérmico, el territorio del actual Geoparque estuvo sumido en un clima tropical húmedo con temperaturas elevadas. Junto a relieves montañosos creados durante la orogenia Varisca había valles y zonas de menor altitud donde el agua era abundante e incluso se formaban lagos permanentes. Pero, ¿qué sucedió después? Con el trascurso del tiempo, el clima se tornó muy seco en el interior de Pangea, lejos de la influencia oceánica, y la vegetación terminó por ser escasa. Grandes extensiones desérticas cubrían el continente, donde la vida era difícil o casi imposible.

Flora de transición

A lo largo de la historia de la Tierra se han registrado grandes cambios climáticos cuyas causas han sido ampliamente estudiadas en las últimas décadas. La mayoría de los científicos coinciden en que fueron varios los factores implicados. En este caso, el acusado clima continental del interior de Pangea fue una consecuencia de la formación del propio continente.

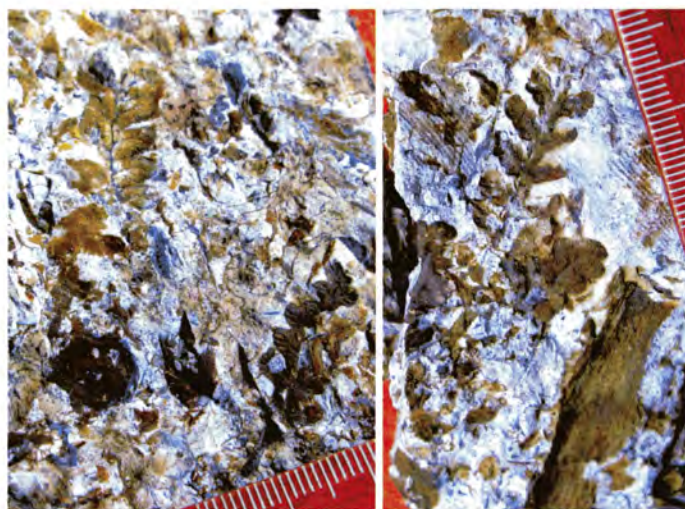
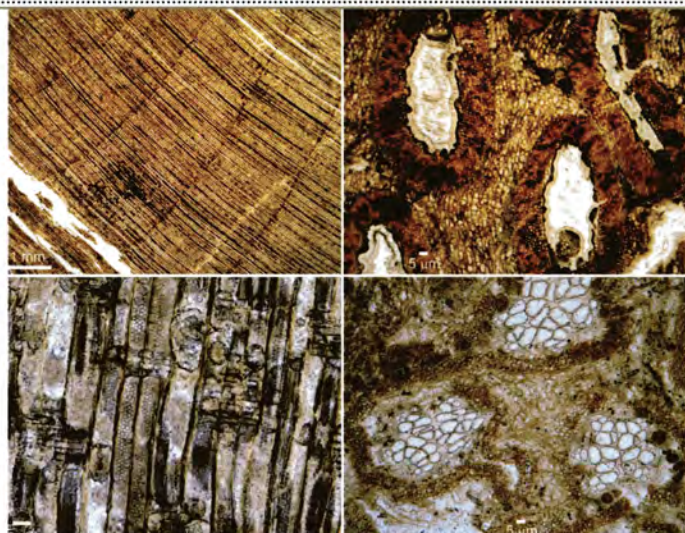
Pero también está demostrado que grandes y persistentes erupciones volcánicas provocaron cambios significativos y pérdidas de biodiversidad. Uno de estos intervalos de tiempo comprende los millones de años que limitan el final de Carbonífero y el principio de Pérmico. Las comunidades vegetales fósiles preservadas en sus sedimentos registran la transición desde un clima frío caracterizado por varias glaciaciones a otro cálido o incluso desértico. Un excelente ejemplo que puede aportar datos acerca de la respuesta de las comunidades vegetales ante el tránsito a un clima hiper árido.

Las rocas más antiguas que afloran en esta región son pizarras, cuarcitas y calizas del Paleozoico Inferior, con una antigüedad de entre 485 y 435 Ma. Sobre ellas se apoyan los estratos del Pérmico, con una morfología bastante accidentada. Los primeros materiales de este periodo, de unos 290 Ma de antigüedad, contienen los restos de un extenso bosque del que se preservan troncos y otros restos de su macro y microflora.

Víctimas de erupciones volcánicas

La sucesión vertical de rocas y sedimentos está constituida por dos tramos litológicos bien diferenciados. El basal, que recubre el paleo-relieve del Pérmico, está formado por rocas de origen volcánico, mientras que el superior comienza con cineritas y tobas volcánicas y acaba con pizarras, areniscas, calizas y dolomías silíceas. Todo este conjunto representa un medio aluvial, con aportes importantes de rocas de origen volcánico, a veces oleadas piroclásticas, donde, pasado el tiempo, se instaló un lago poco profundo, en un clima progresivamente más y más árido.

La conservación de troncos petrificados en la misma posición que ocuparon en vida, justo en el lugar donde crecieron, demuestra dos hechos principales. En primer lugar, la exhumación de parte del relieve original sobre el que se depositaron las rocas pérmicas. Y, en segundo lugar, unas condiciones muy favorables para la fosilización de la madera que están relacionadas con la intensa actividad volcánica que tuvo lugar en la comarca. Se ignora donde se situaban los focos originales de las emisiones. Quizá fueron desmantelados por la erosión posterior o puede que estén recubiertos por sedimentos mesozoicos y terciarios. Las erupciones fueron explosivas, de tipo ácido y con gran cantidad de piroclastos, nubes ardientes, coladas y cenizas. Madera y hojarasca fueron arrastradas y depositadas en áreas cer-



Sobre estas líneas, tronco fósil en la posición de tuvo en vida recubierto por rocas de origen volcánico.

A la derecha, arriba, microfotografías de la anatomía vegetal de algunos restos de madera fosilizada.

Debajo, restos de hojas que, aunque no se conservan bien, permiten reconocer algunos géneros cuando las rocas son de grano fino.

canas por los cursos fluviales que drenaban la región, pero la mayor parte del espeso bosque de principios del Pérmico fue arrasado y sepultado bajo oleadas sucesivas de piroclastos y cenizas.

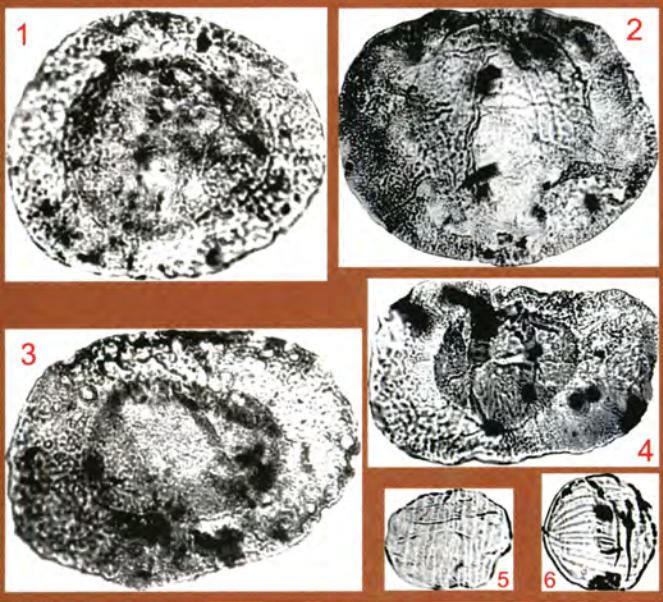
Estas oleadas son flujos turbulentos de gases, cenizas, piedra pómez y rocas que, con temperaturas superiores a 700°C y velocidades que alcanzan los 50 metros por segundo, pueden recorrer distancias de decenas de kilómetros. Las explosiones que dan lugar al desarrollo de oleadas piroclásticas son supersónicas, se desplazan sobre el suelo con gran poder de cizalla y su efecto es devastador. Este escenario explica la diversidad de formas que presentan los restos vegetales fósiles.

La madera fósil se conserva gracias a un proceso de mineralización que tiene lugar cuando una solución rica en sílice impregna el tejido vegetal poroso y rellena sus cavidades inter e intracelulares. En condiciones de pH neutro o ligeramente ácido y a temperaturas inferiores a 100°C, la sílice precipita relleno los poros y espacios vacíos del material orgánico origi-

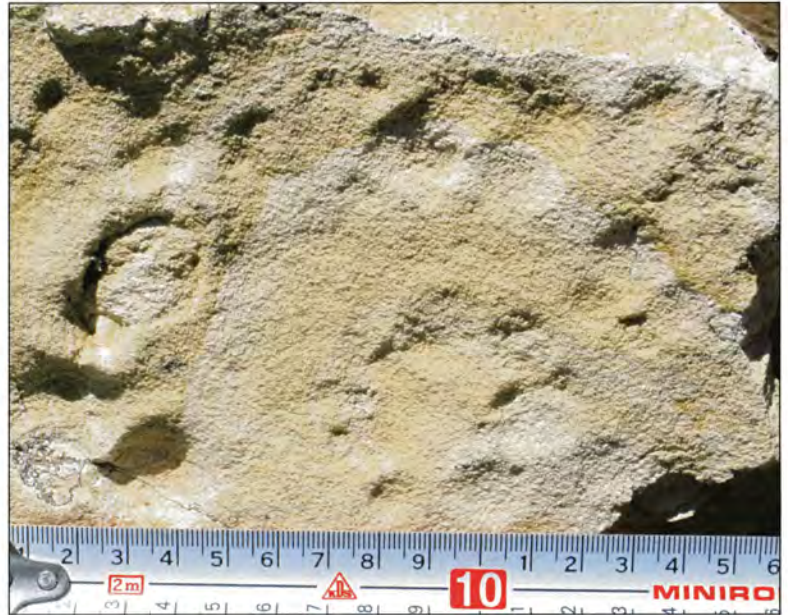
nal, conservando su estructura celular. En nuestro caso, los materiales volcánicos que enterraron el bosque, actuaron como fuente abundante de sílice. La conservación de la anatomía de la madera ha sido en algunos casos excepcional. Para replicar la estructura celular con la fidelidad que puede ser observada al microscopio óptico, es necesario un equilibrio entre la degradación de la madera y la mineralización. En las etapas iniciales, la sílice amorfa rellena los espacios intercelulares y precipita en sus paredes, pero no se produce ningún reemplazo. Si el proceso continúa, se sustituye la celulosa por la sílice dentro de las paredes celulares. La lignina, más resistente a la degradación, actúa como marco de referencia preservando la estructura.

Helechos, colas de caballo y coníferas

Sin embargo, la preservación de otros restos vegetales no fue óptima. En el caso de la macroflora, por ejemplo, el grano grueso del material piroclástico dificultó una buena fosilización. Pero, aun así, los géneros y especies en-



Arriba, granos de polen contenidos en algunos sedimentos lacustres del Pérmico Inferior: *Potonieisporites novicus* (1-4) y *Vittatina costabilis* (5 y 6). A la derecha, aspecto actual de algunos niveles de rocas volcánicas con huellas dejadas por el impacto de pequeños piroclastos.



Debajo, a la derecha, Alfonso Sopena en el mirador de la Hoz del río Gallo (Corduente, Guadalajara). Al fondo se vislumbran las areniscas rojas del Triásico que suceden a los sedimentos pérmicos en el Geoparque de Molina-Alto Tajo. Más abajo, Yolanda Sánchez en el sendero del Parrizal de Beceite (Teruel), donde la cabecera del río Matarraña discurre por rocas calcáreas del Jurásico y del Cretácico.

contrados permiten concluir que el bosque estuvo constituido principalmente por helechos arborescentes, pteridospermas (helechos con semillas), esfenófitos del tipo de las actuales colas de caballo y coníferas primitivas como *Walchia*.

Además, en los sedimentos más finos se han conservado algunas asociaciones de granos de polen y esporas, que completan los datos sobre el tipo de vegetación arrasada por las emisiones volcánicas. El estudio de un millar de muestras pone de manifiesto que existió un predominio de pólenes monosacados, con más de un 50% correspondientes al género *Potonieisporites*, asociados

a granos bisacados y a polen estriado del género *Vittatina*. Son géneros característicos de los bosques pérmicos y de una vegetación compuesta, sobre todo, por plantas acuáticas (higrófilos) y de climas suaves (mesófilos), que con el tiempo fue sustituida por otra dominada por plantas adaptadas a la aridez (xerófilos). Tales cambios fueron el prelude del clima desértico que imperó entre el final del Paleozoico y el comienzo del Mesozoico, cuando se produjo la crisis Pérmico-Triásico, la mayor extinción conocida en la historia de la Tierra.

Por último, conviene insistir en una recomendación general para todos aquellos interesados en visitar la región. Como dice un proverbio keniatá: “no heredamos la Tierra de nuestros ancestros, la recibimos prestada de nuestros hijos”. En consecuencia, admirar estas maravillas de la naturaleza, gozar con su contemplación y ayudar a conservarlas, significa dejarlas tal y como se encuentran sobre el terreno. Hay fósiles insustituibles, como muchos de los que se conservan en el Geoparque de la Comarca de Molina-Alto Tajo y deben permanecer donde están. Al menos, tantos años como llevan allí. ✿

Autores

Alfonso Sopena Ortega es doctor en Ciencias Geológicas y hasta su jubilación trabajó como especialista en sedimentología fluvial y estratigrafía en el Instituto de Geociencias (CSIC-Universidad Complutense). Actualmente forma parte del comité científico del Geoparque de la Comarca de Molina-Alto Tajo.

Yolanda Sánchez Moya es doctora en Ciencias Geológicas y profesora en el Departamento de Estratigrafía de la Universidad Complutense de Madrid. Su principal línea de trabajo es la sedimentología de paleoinundaciones, orientada a la estimación y prevención del riesgo de crecidas en un contexto de cambio global.

Dirección de contacto: Yolanda Sánchez · Departamento de Estratigrafía · Facultad de Ciencias Geológicas · Universidad Complutense de Madrid · c/ José Antonio Nováis, 12 · Ciudad Universitaria · 28040 Madrid · Correo electrónico: yol@ucm.es



Bibliografía

- Sopena, A. y Sánchez-Moya, Y. (1999). El bosque petrificado de la sierra de Aragoncillo. En *La huella del pasado. Fósiles de Castilla La Mancha*, 125-130. E. Aguirre e I. Rábano (eds.). Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Toledo.
- Sopena, A. y Sánchez-Moya, Y. (2008). Pérmico y Triásico. En *Geología de Guadalajara*, 95-107. A. Calonge y M. Rodríguez-Martínez (eds.). Universidad de Alcalá (Madrid).
- Wagner, R.H. y Álvarez-Vázquez, C. (2010). Carboniferous floras of the Iberian Peninsula: a synthesis with geological connotations. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162 (3): 239-324.