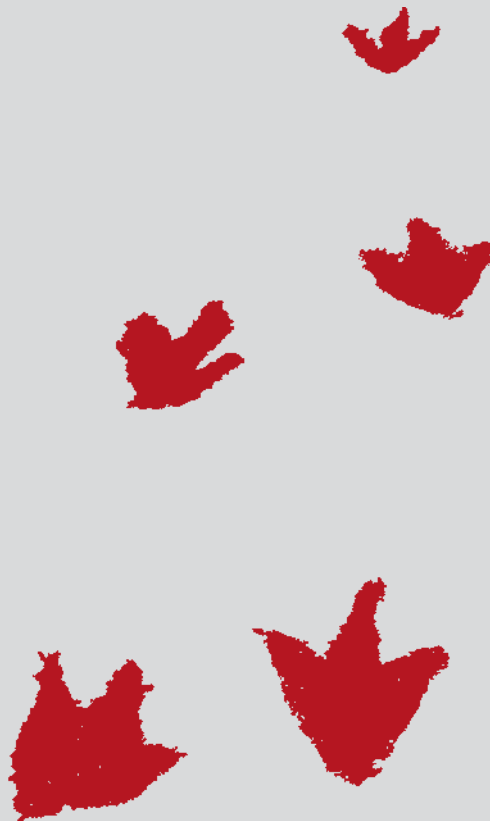


GEOLOGÍA



AUTOR

CARLOS MARTÍN ESCORZA

GEOLOGÍA

La historia geológica de la Tierra se inició hace unos 4.600 millones de años (Ma) y las rocas que se observan en la superficie de La Rioja, corresponden a tiempos que transcurren desde hace unos 550 Ma hasta los actuales, es decir, aproximadamente la porción de tiempo que abarca su última décima parte, tal y como sucede en la mayor parte de la península Ibérica y Europa occidental, aunque un pequeño afloramiento cerca de Anguiano ha sido considerado de más antigüedad¹.

Las rocas que constituyen La Rioja, responden a fenómenos naturales ocurridos durante esos casi 550 Ma y, obviamente, sus características no están limitadas por las fronteras administrativas, por lo que, más adecuado que referirnos a estas, parece lógico hacerlo con relación a elementos que sí denotan una dependencia con la Historia geológica de la región y que son: la sierra de la Demanda, la sierra de Cameros y la depresión o cuenca del Ebro donde se encuentra Calahorra. Estos tres conjuntos geográficos actuales responden en gran medida a los distintos orígenes y eventos geológicos que han definido su diferente constitución y características.

La sierra de la Demanda la componen casi en su totalidad rocas que tienen su origen en los tiempos transcurridos desde hace 550 Ma a los 350 Ma y corresponden a la era del Paleozoico. Fueron formadas, casi todas ellas, bajo las aguas del océano a diferente distancia/proximidad de las costas que entonces había y que no corresponden, ni siquiera aproximadamente, con las que hay en la actualidad, probablemente formando parte de un conjunto en el que



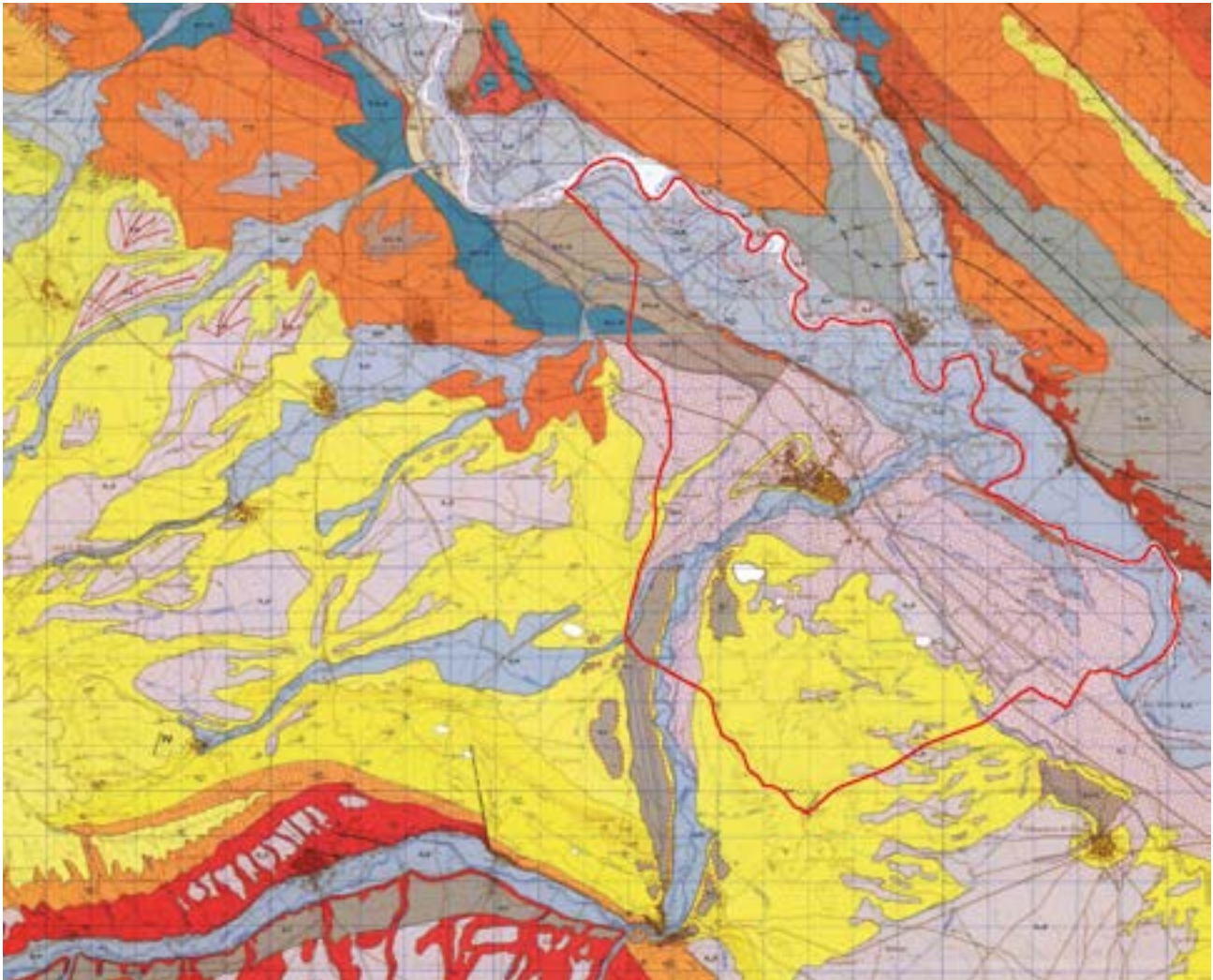
Capas de arcillas y limos con niveles de areniscas, características del Neógeno en el área de Los Agudos. Foto J.M. García.

también se encontraban áreas que hoy forman parte de los continentes de América, África y Europa.

Durante estos tiempos del Paleozoico, que abarcan unos 200 Ma, y en aquellos que fueron entonces sus mares, se depositaron arenas, lodos y algunos carbonatos. Lo hicieron a distintas profundidades y en diversas circunstancias pudiéndose diferenciar, en el conjunto, estratos de sus periodos: Cámbrico, Ordovícico y Silúrico, que a veces contienen fósiles que representan una pequeña muestra de la fauna de los ya entonces numerosos seres que poblaron esas aguas. En los últimos Ma de ese largo tiempo, las profundidades fueron disminuyendo pasando, finalmente, a estar presentes áreas emergidas de las que quedan testimonios fósiles de su flora, como por ejemplo en las capas carbonosas cerca de Pradoluengo que corresponden al período Carbonífero.

Hace unos 320 Ma el conjunto de las capas paleozoicas y anteriores, allí donde las hubo, fueron afectadas por un evento tectónico, la Orogenia Hercínica, que trastocó todo a escala global, dando origen

1. Al sur de Anguiano hay capas de esquistos y pizarras de colores verdes, bajo conglomerados atribuidos al Cámbrico, y son consideradas como pertenecientes al Algónquico, NAVARRO ALVARGONZÁLEZ, A., VILLALÓN DÁVILA, C. y TRIGUEROS MOLINA, E., *Mapa geológico de España: E. 1:50.000: hoja nº 241:Anguiano*; o al Precámbrico, COLCHEN, M., *Geologie de la sierra de la Demanda, Burgos-Logroño (Espagne)*.



Parte del mapa geológico, hoja 243. En gris con círculos se representan la extensión y situación de las terrazas cuaternarias de los ríos Ebro y Cidacos; en amarillo las de los glaciais pliocuaternarios; en colores marrones y ocre los depósitos miocenos. En tonos azules, los depósitos aluviales y de relleno de los cauces actuales de ambos ríos. CASTIELLA, SOLÉ y VILLALOBOS. *Mapa geológico de España: E 1:50 000, hoja nº 243.*

		CUATERNARIO							
		HOLOCENO		PLEISTOCENO					
TERCIARIO	MIOCENO	PONTIENSE							
		VINDOBONENSE							
		AQUITANENSE							
		CHAMPENSE							
		STAMPIENSE							
		BARREMIENSE							
	PALEOCENO	ALBENSE							
		BARREMIENSE							
		KALTERIENSE							
		VILANGIENSE							
		WALM							
		CALLIENSE							
JURÁSICO	DOGGER	BATHONIENSE							
		SALZBURG	SUPERIOR						
			WEDD						
		LIAS	SPINERUD	SUPERIOR					
	WEDD								
	RETTINGIENSE								
	RETTINGIENSE								
	TRIÁS. SUPER.	RETTINGIENSE							

Q ₂ C8	Solo de aluvión
Q ₂ A1	Tarrazas de inundación y fondo aluvial. Gravas, arenas, limos y arenas
Q ₂ T ₁	Tarrazas 2. Gravas, arenas, limos y arenas
Q ₂ T ₁₋₂	Tarrazas 1-2. Gravas, arenas, limos y arenas con carbón y madera orgánica
Q ₂ T	Tarrazas susceptibles del río Cidacos. Gravas, arenas y limos
Q ₂ S ₁	Tarrazas delimitadas
Q ₂ S ₂	Gravas, arenas y limos
Q ₂ S ₃	Formación de ladera
Q ₂ S ₄	Cobertura paleocénica. (Cenizas y greses)
T ₃ ¹⁻²	Conglomeratos poco consolidados
T ₃ ³⁻⁴	Arenas, limos, arenas y yesos
T ₃ ⁵⁻⁶	Yesos, arenas, yesos con sales, arenas y limos profundos
T ₃ ⁷⁻⁸	Arenas y limos con algunas capas de areniscas, conglomerados, calizas, calizas con sales y yesos
T ₃ ⁹⁻¹⁰	Conglomerados marinos y arenosos y limos rojos en laderas
T ₃ ¹¹	Conglomerados, arenas, limos y arenas rojas
T ₃ ¹²	Yesos
T ₃ ¹³	Yesos y arenas
C ₄	Arenas, arenas con lentes carboníferas
C ₄ ¹⁻²	Calizas, limolitas, margas, arenas y arenas
J ₄ ³ C ₄ ¹⁻²	Conglomerados, limolitas, calizas arenosas, margas
J ₄ ³ C ₄ ³	Arenas calcáreas, conglomerados calcáreos
J ₄ ³ C ₄ ⁴	Calizas arenosas, calizas marinas
J ₄ ³ C ₄ ⁵	Calizas, calizas arenosas, margas
J ₄ ³ C ₄ ⁶	Calizas, calizas dolomíticas
T ₃ ¹⁴ J ₄ ³ C ₄ ⁷	Cenizas, dolomitas, calizas dolomíticas, calizas

a una nueva disposición en el planeta. Durante este proceso singular se produjeron fuertes perturbaciones en los niveles superficiales de la Tierra, las cuales transformaron la constitución de aquellos depósitos deformándolos, trasladándolos de lugar y elevándolos para constituir cordilleras; las capas, que hasta entonces se habían depositado tranquilamente en los fondos o márgenes de los océanos, fueron alabeadas y fracturadas y a veces colocadas, no según su orden, sino mezclándose en complicados conjuntos superpuestos. Estas transformaciones también dieron lugar a fallas y plegamientos que hicieron posible que los limos y arenas depositados en el Paleozoico, ahora los podemos ver, por ejemplo en los alrededores de las Viniegras, transformados en rocas de arenisca y pizarras, en estratos inclinados con diferentes ángulos y a veces casi verticales. Todas ellas fueron también metamorfozadas por la acción conjunta de presiones y temperaturas elevadas dando como resultado las rocas rígidas, compactas y duras que constituyen la sierra de la Demanda. Sus características se pueden observar recorriendo, por ejemplo, el río Najerilla desde Anguiano hasta Valvanera y también en los escarpes de la subida al San Lorenzo.

Después de la Orogenia Hercínica, la evolución geológica de la zona transcurre por un largo período que abarca toda la era Mesozoica con sus períodos Triásico, Jurásico y Cretácico. Los hechos que podemos destacar en esta zona están reflejados por las capas sedimentarias que componen la sierra de Cameros; todas ellas son el producto de la combinación, siempre tenaz y persistente, de la erosión que actúa sobre los macizos montañosos levantados en el Hercínico, y el de la sedimentación, primero en las depresiones continentales (durante el Triásico), y después en los fondos de los mares y océanos (durante el Jurásico y parte del Cretácico) que entonces existían, en los cuales se fueron depositando los productos arrancados de las áreas montañosas recién creadas, y que fueron llevados hasta sus orillas por las aguas fluviales. Una vez allí los oleajes y las corrientes se encargaron de distribuirlos según la energía a que se vieron sometidos y la resistencia que pudieron oponer a su disgregación; de tal manera que los fragmentos más gruesos se quedaron cerca de las costas, pero conforme progresaba actuando la erosión su tamaño fue disminuyendo, por lo que eran más fácilmente transportables hacia áreas alejadas, tanto de las plataformas marinas, o hasta aún más lejos y a mayor profundidad, a donde llegaron en forma de depósitos detríticos con tamaños muy pequeños.

Estos aportes fueron acumulándose en el fondo de depresiones y océanos a lo largo de millones de años, adquiriendo mayor grosor conforme su mismo peso hizo posible un lento hundimiento del lecho continental o marino, formándose así capas de diverso espesor que, en conjunto, llega a ser de centenares



Pisadas fósiles de dinosaurios tridáctilos en el yacimiento de Los Cayos (Igea – Cornago). Se pueden ver las abundantes ondulaciones originadas en el fondo del lago, algunas de las cuales fue removida por una de las pisadas. Foto C. Martín.

de metros, aunque varía según áreas. En los mares, si hay circunstancias que lo permitan, proliferarán animales de muy diferentes tamaños con esqueletos calcáreos que, a su muerte, se irán acumulando también en el fondo, aportando al conjunto capas de naturaleza calcárea que se solaparán e intercalarán con las detríticas. El grado de mezcla de estas secuencias, continentales o marinas y, dentro de estas últimas, las de naturaleza detrítica o calcárea, se originó en función de la actividad dinámica de la corteza dominante en cada etapa, pudiéndose formar capas de decenas de metros de restos orgánicos durante ambientes estables con predominio de sedimentación orgánica, y capas detríticas durante los tiempos en que dominó la erosión sea por motivaciones climáticas o tectónicas. Capas que nos ilustran en alguna medida estas circunstancias las podemos observar, por ejemplo, en el camino a Muro de Aguas, donde los Ammonites y las Terebrátulas, son algunos de los testimonios de esa fauna marina fósil jurásica de la que tenemos muchos más yacimientos en La Rioja camerana.

De este largo período Mesozoico también encontramos en la zona riojana testimonios de sus ambien-



Las aguas de lluvia de tormentas erosionan las arcillas cenozoicas en estas áreas produciendo pequeños cañones con paredes verticales que en la zona toman el nombre de yasas. Son características en estas áreas del margen derecho del Ebro en La Rioja Baja. Foto C. Martín.

tes continentales; durante estas etapas la actividad biológica fue sub aérea y sus restos más representativos, pero no exclusivos, son los de las huellas de dinosaurios presentes en las capas del Cretácico, por ejemplo en los alrededores de Enciso y áreas próximas de los valles de los ríos Cidacos y Alhama. Esas huellas se originaron durante un tiempo en el que las condiciones fueron tales, que la zona estaba ocupada por grandes lagos cercanos a llanuras deltáicas y seguramente atravesadas por cursos fluviales; ambiente en el que se debieron desarrollar diferentes grupos de dinosaurios de cuya existencia quedan pocos restos óseos pero sí abundantes huellas de sus pisadas sobre los lodos del fondo de aquellos lagos². En las áreas de Cameros son visibles las capas que las contienen y en un número tal que hacen de esta área de La Rioja un conjunto excepcional a escala global.

2. Es difícil cuantificar cuantas huellas son visibles en el conjunto de estas capas. Se ha evaluado un número mínimo de 6.000 para el conjunto de los afloramientos con huellas de dinosaurios fósiles en los Cameros de La Rioja que es donde son más abundantes, MARTÍN ESCORZA, C., Orientación de las huellas de dinosaurios en la sierra de Cameros.

El ciclo de fenómenos mesozoicos finaliza con una tendencia a elevarse todos aquellos sedimentos, pasando a dominar en la zona un ambiente plenamente continental quedando atrás, hasta la actualidad, la presencia de mares. Estos fenómenos sucedieron durante el nuevo período, el Cenozoico, del que afloran en esta zona rocas de sus épocas más antiguas, el Paleógeno y el Eoceno. Todo ello presagiando la existencia de una actividad tectónica durante el época siguiente, el Oligoceno, en las capas profundas de la corteza terrestre que a través de impulsos convulsivos están levantando todo el conjunto de sedimentos para finalmente desarrollar una nueva orogenia, la Alpina, que deforma, trastoca, pliega y desgarrar tanto las capas paleozoicas, como las casi recién formadas del Mesozoico y el Cenozoico. Una muestra de la intensidad del fenómeno se puede ver en las proximidades, al norte de Turruncún donde estratos de conglomerados con notable espesor fueron volteados desde la posición horizontal hasta disponerse verticales constituyendo uno de los paisajes geológicos más espectaculares cercanos a Calahorra.

Durante el transcurso del Cenozoico se pueden destacar dos hechos. Uno es de gran escala y con-

dicionará muchos de los acontecimientos geológicos ocurridos en nuestro suelo, fue la aproximación que, desde el oeste, realiza el conjunto de la 'mini' placa Ibérica, hasta situarse entre las fauces de la gigantesca tenaza que definen las grandes placas tectónicas de Eurasia y de África, y cuyos movimientos hicieron que golpearan con la placa de nuestra península, lo cual dio lugar a que, dentro del ciclo orogénico Alpino, se formaran las cordilleras de los Pirineos, las Béticas y la Ibérica, además de la cordillera Central en el interior. El otro hecho, este de menor escala, pero más definitivo para la zona riojana, es el proceso de remodelación geográfica que, ya desde los primeros impulsos alpinos, va reconfigurando gradualmente la superficie terrestre de esta zona hasta evolucionar a la que es en la actualidad. Como resultado de lo cual nos queda configurada la depresión o cuenca del Ebro, delimitada por las cordilleras Pirenaica, Bética y Costero-Catalana, que cierran la comunicación de esta zona con el mar. Se inicia a partir de entonces un nuevo ciclo de erosión-sedimentación, con aportaciones desde las áreas elevadas recién formadas que van a ir a parar al interior de esa gran cuenca que tiene forma triangular. A partir de entonces, y a diferencias de los tiempos paleozoicos y mesozoicos, los arrastres no van a ir al mar sino a grandes lagos



Gravas típicas de los niveles de terrazas cuaternarias de los ríos Ebro y Cidacos, con cantos de varias dimensiones y de constitución tanto de cuarcita como de caliza. Foto C. Martín.

o sistemas lagunares continentales que son los que dominan en la cuenca del Ebro. En Los Agudos se pueden ver algunos de los sedimentos de arenas y limos depositados en esos tiempos y que constituyen capas de tonos rojos y ocres, visibles también por varios kilómetros en las yagas de ambos lados de la carretera Bilbao-Zaragoza. Calahorra se halla dentro de dicha depresión, cerca de su margen meridional, constituido por los estratos plegados y desplazados del Mesozoico de los Cameros del que, desde la misma ciudad, son visibles algunas de sus elevaciones, como por ejemplo: Peña Isasa.

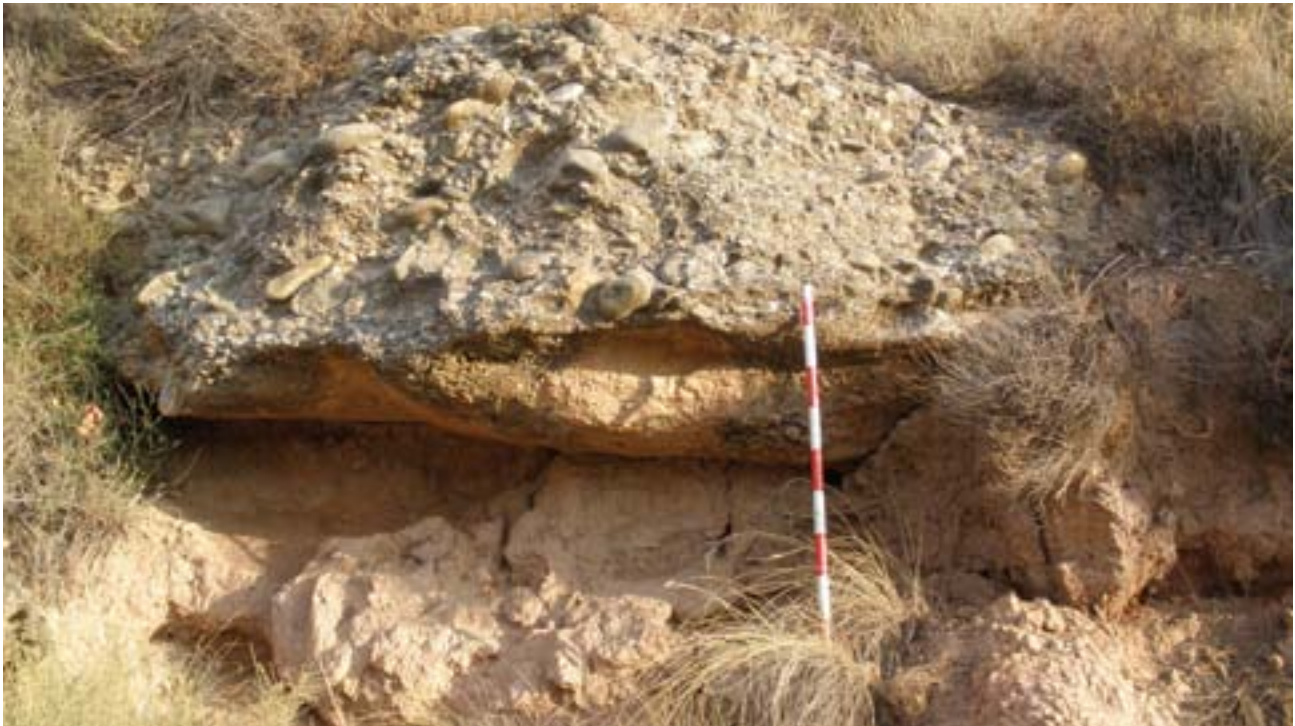
Pasados los tiempos en los que la Orogenia Alpina se manifestó en su máxima intensidad, la cuenca del Ebro tenía ya su forma triangular, tal y como la conocemos hoy, y cerrada a la penetración marina; quedó definitivamente formando parte del interior de la masa casi isla, casi mini continente que es la península Ibérica. El nuevo ciclo post orogénico casi acaba de empezar aquí, pues lleva funcionando unos 15 Ma y de sus sedimentos tenemos cerca testimonios excepcionales. Lo es la cubeta plio-cuaternaria de Villarroya, donde hace entre 3 o 2 Ma se puso en funcionamiento una falla en un terreno donde se sedimentaron gravas, arenas, limos, calizas y turba. Son rocas que se apilaron en estratos horizontales conforme el suelo de las lagunas y praderas entonces existentes iban hundiéndose, por lo que se acumuló un espesor de algo más de 50 m de sedimentos. Entre ellos se han hallado restos óseos fósiles de animales carnívoros y herbívoros, como ancestros de los actuales rinocerontes, caballos, etc., que durante esos tiempos vivieron allí³.

En las cercanías de Calahorra se observan bien como, desde el cerro que ocupa la misma ciudad hasta las estribaciones de la sierra de Cameros, se extiende una capa de fanglomerados, constituidos por gravas de cantos de cuarzo amalgamados por limos y arenas finas que definen un aporte que desde esa sierra fueron llevados hacia el centro de la depresión, es decir, hacia el norte y noroeste por corrientes de agua de fuerza y caudales inusitados, quizás como nunca los hemos conocido. El fenómeno dio lugar a este depósito que por su disposición y constitución se conoce como glacis y que se desarrolló en edades que para algunos son del nivel Ponticense del Neógeno⁴ es decir de hace unos 6 Ma y otros lo consideran del Plioceno o Pliocuaternarios⁵ es decir de entre 5 a quizás 2 Ma. Este nivel detrítico y compacto corona

3. El yacimiento de Villarroya fue motivo de visita en agosto de 1957 de los participantes al V Congreso de la Asociación Internacional para el Estudio del Cuaternario, INQUA. Se discutió entonces su edad, CRUSAFONT, M., VILLALTA, J.F. y RIBA, O., *Livret Guide de l'Excursion. N3, Villafranchien de Villarroya*.

4. CASTIELLA, J., SOLÉ, J. y VILLALOBOS, L., *Mapa geológico de España: E 1:50.000: hoja nº 243: Calahorra*.

5. *Estudio previo de terrenos: autopista Zaragoza-Vascongadas. Tramo: Tarazona-Lodosa*.



Capa del glacis compactado y constituido por cantos de cuarcita predominantes, en las laderas de la Marcú. Foto C. Martín.

el cerro sobre el que se asienta Calahorra, siendo su protección a la erosión lo que lo ha hecho permanecer, como tal elevación, desde entonces. Casi no se puede observar pues las obras urbanas lo ocultan, pero sus cantos cuarcíticos han sido utilizados en todas las construcciones históricas, desde las paredes de las iglesias, palacios y casas hasta los de las murallas de conventos y estructuras urbanas.

Otro depósito de estos tiempos pliocuaternarios lo tenemos cerca de Calahorra, es más restringido pues ocupa menos extensión, pero no menos interesante. Es el abanico coluvial de la Yérga, tratado casi monográficamente por algunos investigadores y que en la actualidad podemos contemplar su estructura con las imágenes de satélite a través de internet.

Hace unos 2 Ma las cosas cambiaron sustancialmente por varios motivos y se evidencian por varios hechos. Como fenómeno de escala amplia debemos citar en primer lugar la aparición de cambios climáticos que, al menos en cuatro ocasiones, afectaron a todo el planeta debidos a la combinación de ajustes en la órbita y del eje de giro terrestre, como dejó expuesto el astrofísico M. Milankovitch en su Teoría publicada en 1920. Cambios y ciclos climáticos que han sucedido, no regularmente, durante los últimos 2 Ma y que motivaron que existiesen tiempos de fríos intensos que hicieron cubrir de hielo grandes superficies del planeta, y que, en las sucesivas y alternantes fases de calentamiento, se fundieran y junto con la lluvia provocaran el transporte y el depósito de masas de gravas, cantos y arenas. Además, cuando se iniciaron estos fenómenos, sucedieron en la penín-

sula varios ajustes corticales, por los cuales se produjo que la mayor parte de ella basculara unos pocos grados hacia el oeste, haciendo que esos caudales fluviales, que entonces se estaban produciendo, vertieran sus aguas hacia el Atlántico. Pero esa dinámica general tuvo como excepción la ocurrida en la cuenca del Ebro que lo hizo en sentido contrario, hacia el este, hacia el Mediterráneo donde, desde entonces, desahogan las aguas que, provenientes de los aportes de las mismas cordilleras que las limitan, dieron lugar a flujos caudalosos ya de naturaleza fluvial que se abrieron paso hacia el mar; de esa manera tomó contacto la depresión con su antiguo origen, pero esta vez solo por medio de un río, el Ebro, que se dirigió siempre hacia donde lo hace hoy, pero con muy diversos valores en sus caudales y anchuras de valle.

Al principio, el Ebro era mucho más ancho y circulaba unos 50 m por encima de donde ahora lo hace; de ello dejó extensos vestigios en los depósitos de terrazas a lo largo de su curso que se manifiestan cerca de Calahorra en varios kilómetros a lo largo de todo margen del río. Conforme se iban sucediendo los fenómenos de cambios climáticos cuaternarios, los nuevos grandes aportes de los sucesivos deshielos y lluvias iban erosionando las terrazas acarreadas tan solo unos miles de años antes, y además iban dejando sus propios depósitos cada vez más cercanas al cauce principal del río, estrechándose progresivamente el cauce. Aunque los estudios hiper detallados muestran complejos entramados de terrazas en estos tramos del Ebro, podemos decir, simplificando, que son cuatro los principales niveles que per-



Cauce actual del río Ebro en las proximidades de Calahorra. Hace 1 millón de años era mucho más ancho y discurría sobre una superficie unos 50 m más alta. Foto C. Martín.

manecen dejando testimonio de esos procesos que, aunque quizás no fueran solo debidos a la influencia astronómica, sí que son factores que les influyeron notablemente, y como consecuencia de climas cambiantes.

Otro destacado proceso que convivió con los citados durante el Cuaternario fue el de la aparición del hombre sobre la superficie terrestre, una especie muy activa y expansiva que, aunque lleva menos de dos millones de años en el planeta, ha dejado vestigios de su quehacer y costumbres con notable amplitud e intensidad. Lo mismo que hemos dicho que sucede con las rocas más antiguas del planeta, ocurre en los fósiles óseos de los humanos y también de los restos de los productos que elaboró en piedra y desde luego en madera o tejidos: la mayor parte de ellos han desaparecido o fueron transportados fuera de su lugar de origen por las siguientes corrientes de aguas fluviales. Uno de las huellas del paso de humanos por el valle del Ebro se halló cerca de Calahorra en La Torrecilla⁶, lo cual no extraña debido a la existencia de agua y buena caza, que tanto en tiempos adversos como en favorables, esta zona debió suministrar bases para la supervivencia.

La actividad dinámica de la zona no ha cesado. La fase álgida de la orogenia Alpina queda ya atrás, pero dejó cicatrices en la corteza que todavía nos atañen. Como por ejemplo la falla (inversa) que desde Arnedillo llega hasta Fitero. Falla que está todavía

activa y así lo evidencia la existencia de terremotos con epicentros bajo ella, como los ocurridos el 18 de marzo de 1817 del que aún quedan evidencias de sus destrozos en el templo de Nuestra Señora de Vico, y el que se produjo el 18 de febrero de 1929. Y también son consecuencia de ella la presencia de los excepcionales puntos de surgencias de aguas termales y minerales que existen a su largo y en sus cercanías (Arnedillo, la Pazana, Grávalos y Fitero).

En este esbozo no se puede abarcar ni explicar todo lo que se ha escrito sobre la geología aflorante en las cercanías de Calahorra, y menos aún lo que de todo ello se deriva hacia regiones próximas. Se han señalado los ciclos y fenómenos más importantes, aunque el mismo concepto de esa consideración es discutible asimismo. Lo que más interesa destacar de todo ello, en mi opinión, es dejar indicados los marcos temporales en que nos encontramos. Todo ello ha dejado restos de materiales, tales como gravas, arcillas, areniscas que los habitantes de esta zona utilizaron siempre para construir sus viviendas según las varias épocas y estilos en que lo han hecho, y se han servido de ellos para subsistir y sobrevivir y para cultivar. Así que son las materias básicas y sustanciales con las que los habitantes de Calahorra, sea el momento histórico que fuere en que vivieron, se han servido para desarrollar y mantener sus vidas. Materiales que junto al clima y a las aguas son los elementos que estructuran y explican muchos hechos de sus historias personales y de la colectividad local.

6. BARANDIARÁN, I., Un testimonio del paleolítico inferior en Calahorra, p. 74.

BIBLIOGRAFÍA

- BARANDIARÁN MAESTU, I. Un testimonio del paleolítico inferior en Calahorra. En CAÑADA SAURAS, J. (coord.). *Miscelánea de arqueología riojana*. Logroño: Instituto de Estudios Riojanos, 1973, p. 73-77.
- CASAS SAINZ, A.M. y ROMÁN BERDIEL, T. Geología de los alrededores de Calahorra (Rioja Baja). En *Zubía*, 1999, n. 17, p. 165-194.
- CASTIELLA, J., SOLÉ, J. y VILLALOBOS, L. *Mapa geológico de España: E 1:50.000: hoja nº 243: Calahorra*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 1977.
- COLCHEN, M. *Geología de la sierra de la Demanda. Burgos-Logroño (Espagne)*. Madrid: Ministerio de Industria, 1974.
- CRUSAFONT, M., VILLALTA, J.F. y RIBA, O. *Livret-guide de l'excursion. N3, Villafranchien de Villarroya*. Paris: INQUA, 1957.
- ESTUDIO previo de terrenos: Autopista Zaragoza-Vascongadas, tramo: Tarazona-Lodosa*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales, 1971.
- NAVARRO ALVARGONZÁLEZ, A., VILLALÓN DÁVILA, C. y TRIGUEROS MOLINA, E. *Mapa geológico de España: E. 1:50.000: hoja nº 241: Anguiano*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 1960.
- MARTÍN ESCORZA, C. 2001. Orientación de las huellas de dinosaurios en la sierra de Cameros. En *Zubía*, 2001, n. 19, p. 139-163.