



4. **CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS**

El relieve actual de la Rioja es el resultado de una larga y compleja evolución geológica, durante la cual se configuran tres de las más importantes unidades morfoestructurales de la Península Ibérica:

- El Sistema Ibérico
- La Depresión del Ebro
- Los Pirineos

El Sistema Ibérico se extiende por la mitad meridional de La Rioja, la Depresión del Ebro ocupa la mitad septentrional y las estribaciones más occidentales de los Pirineos aparecen someramente en el extremo noroccidental de la región (sierras Obarenes, Toloño y Cantabria).

Dentro del ámbito geológico de las Cadenas Ibéricas Occidentales cabe distinguir dos regiones de características geológicas propias: la región de las sierras de la Demanda y Urbión y la región de la Sierra de Cameros.

Las sierras de la Demanda y Urbión constituyen dos macizos paleozoicos rodeados de formaciones mesozoicas. Esta región se caracteriza por la superposición de rasgos estructurales de dos orogenias diferentes: la orogenia herciniana y la orogenia alpina. La región de la Sierra de Cameros está formada por materiales jurásicos y cretácicos en facies deltaica.

En el área septentrional de la Comunidad se encuentra el llamado Surco Riojano, que incluye el Terciario del Valle del Ebro, considerado como una gran fosa o cubeta tectónica.

Por último, un pequeño sector del noroeste pertenece a la Sierra de Cantabria, penetrando en el dominio geológico del país vasco-cantábrico.



Exceptuando los diques de cuarzo que aparecen en la sierra de la Demanda, prácticamente todas las rocas aflorantes en La Rioja son de origen sedimentario, si bien conviene señalar el contraste existente entre el Sistema Ibérico y la Depresión del Ebro. En el primero predominan los materiales de origen marino (a veces ligeramente metamorfizados, como en la Sierra de la Demanda) o de transición entre los ambientes marinos y continentales, con una gran variedad litológica: pizarras, cuarcitas, cuarzarenitas, arcillas, dolomías, calizas y areniscas. En la Depresión del Ebro todos los materiales son de origen continental, depositados en una cuenca sin salida al mar, en un ambiente generalmente árido, por medio de corrientes fluviales con diferente grado de torrencialidad. Predominan las areniscas y las arcillas, intercalándose a veces niveles de margas, yesos y calizas y pudiendo localizarse importantes acumulaciones de conglomerados en el borde de la Depresión. En la Sierra de Cantabria afloran sobre todo materiales carbonatados marinos de edad Cretácico.

Las tres unidades están estrechamente interrelacionadas. De hecho, la elevación del Sistema Ibérico y de los Pirineos, junto con la de la Cordillera Costero-Catalana, es contemporánea de la formación de la Depresión del Ebro, que precisamente queda definida como cuenca cerrada por el levantamiento de las tres cadenas citadas. A la vez, la erosión de estas últimas contribuye al relleno de la Depresión, donde se depositan los sedimentos originados por la erosión de las montañas circundantes.

En el plano nº 1 aparece una síntesis geológica a escala 1:200.000 de La Rioja.

4.1. CORDILLERA IBÉRICA

La Cordillera Ibérica es una estructura alpina parcialmente arrasada o amesetada, situada en el antepaís de los Pirineos y de la Cordillera Bética con tegumento potente y/o cobertera. Se trata de una serie de alineaciones montañosas de dirección NO-SE, que en muchos casos superan los 1.000 metros de altitud.



En conjunto el grado de deformación es moderado, con una esquistosidad alpina muy escasa y apenas metamorfismo. El registro estratigráfico es muy amplio, abarcando desde el Precámbrico y Paleozoico, que afloran en los núcleos de antiguos anticlinales o a favor de cabalgamientos importantes, hasta el Cuaternario. Sin embargo, lo que otorga el rasgo esencial a esta cordillera de antepaís es la existencia de una importante serie sedimentaria del Mesozoico. Las distintas potencias y características de este relleno posthercínico y la presencia de niveles de despegue superficiales confieren un estilo de deformación de basamento, tegumento y cobertera.

Así, puede definirse un basamento prepérmico, que acomoda una importante deformación cenozoica y niveles de despegue más profundos, un tegumento hasta las margas yesíferas del Triásico superior (facies Keuper) y una cobertera. En su extremo septentrional, la Cordillera Ibérica comprende las sierras de la Demanda (San Lorenzo, 2.262 m) y Cameros que, junto a las sierras de Urbión (Urbión, 2.228 m) y de Cebollera (Pico Cebollera, 2.142 m) al Sur, forman la unidad estructural de Cameros – Demanda, donde predominan las directrices E-O. La sierra de la Demanda está constituida esencialmente por materiales paleozoicos, mientras que en Cameros aflora sobre todo el Jurásico superior y el Cretácico.

El Sistema Ibérico puede definirse como el borde nororiental y oriental de la Meseta. Este borde se compone de fragmentos del zócalo, como en el caso de la sierra de la Demanda, y de extensas áreas de sedimentos mesozoicos que dan lugar a un relieve de características muy diferentes. Esto hace que, dentro del Sistema Ibérico riojano, pueda establecerse una clara distinción entre la sierra de la Demanda, por un lado, y el resto de alineaciones montañosas (Urbión, Cebollera, Hayedo de Santiago, etc.), por otra.

En el Sistema Ibérico pueden reconocerse dos ciclos evolutivos, tanto por la edad de los materiales como por los esfuerzos tectónicos que han sufrido y por las formas de relieve resultantes. El más antiguo (ciclo hercínico) afecta a la sierra de la Demanda y el más reciente (ciclo alpino) se pone de manifiesto en el resto de las montañas riojanas, aunque paralelamente tuvo grandes repercusiones en la Demanda.



Durante el ciclo hercínico se formaron potentes acumulaciones de arcillas y areniscas (transformadas con el tiempo en pizarras y cuarcitas) con algunas intercalaciones de dolomías y conglomerados, hasta alcanzar un espesor de varios miles de metros. El ciclo alpino presenta una mayor variedad litológica, aunque predominen también los materiales detríticos.

A continuación se resume la litoestratigrafía de estos dos ciclos tectosedimentarios.

4.1.1. Precámbrico

En la Sierra de la Demanda existen tres pequeños afloramientos con materiales atribuidos al Precámbrico que se hallan debajo de y en contacto al menos paraconforme con una sucesión conglomerático-areniscosa (Formación Anguiano).

Este núcleo antiguo, o “Esquistos de Anguiano”, está formado por una sucesión de alternancias de areniscas, limolitas y pizarras satinadas de color gris azulado, que pasan hacia abajo a areniscas azuladas algo feldespáticas. El muro de esta formación es desconocido y su espesor visible no sobrepasa los 200 m.

4.1.2. Cámbrico

El período mejor representado del Paleozoico es el Cámbrico. La estratigrafía del Cámbrico se ha establecido en la parte oriental del macizo, a favor del excelente corte natural del río Najerilla y arroyos afluentes. De esta manera, desde Anguiano al norte, hasta el núcleo del sinclinal de Najerilla, se corta el conjunto de la serie cámbrica y el Ordovícico inferior. La datación se ha podido establecer por la presencia de fósiles. Se trata de formaciones fundamentalmente detríticas cuya potencia total sobrepasa los 3.000 m y que pasan lateralmente a facies más lutíticas y menos potentes.

El Cámbrico inferior se inicia por los Conglomerados de Anguiano, conglomerado de unos 30 m de potencia, constituido por cantos de cuarcita cuarzo y turmalina en una



matriz silíceas. Sigue una formación detrítica granodecreciente, constituida en su base por metareniscas, de unos 420 m de potencia, que pasan a techo a una alternancia de pizarras y areniscas.

El techo del Cámbrico inferior lo constituyen las dolomías de San Antón, excelente nivel guía formado por dolomías de color pardo, estratificadas en la base y masivas a techo. En este último tramo aparecen enriquecimientos locales de siderita, pirita y calcopirita, que hacen de este nivel un metalotecto.

El Cámbrico medio, de carácter principalmente pizarroso, lo forman pizarras carbonatadas, a las que sigue una alternancia de pizarras verdes y areniscas y un paquete de unos 250 m de potencia de metareniscas (Metareniscas de Viniegra).

El Cámbrico superior está formado por una serie de alternancias de areniscas y pizarras, que forman varias secuencias granodecrecientes. Localmente, aparece en los últimos niveles del Cámbrico superior una formación conglomerática de carácter lenticular.

4.1.3. Ordovícico

Constituye el núcleo del sinclinal del Najerilla y está formado por una alternancia de areniscas y pizarras, de edad Tremadociense, de unos 400 m de potencia.

4.1.4. Carbonífero

En la sierra de La Demanda, pero fuera de los límites de La Rioja, aflora una sucesión carbonífera de edad Westfaliense B a Estefaniense, discordante sobre materiales cambro-ordovícicos. El plegamiento hercínico (desarrollado en distintas fases) parece pues ser inmediatamente anterior al Carbonífero.

La emersión del macizo hercínico está seguida de un intenso ciclo erosivo en el que se reducen progresivamente sus desniveles, de manera que cuando sobre él se



depositan sedimentos triásicos, lo hacen sobre una superficie de erosión, prolongación de la que en ese momento enrasaba el zócalo paleozoico peninsular.

4.1.5. Triásico

El ciclo alpino se inicia con la sedimentación de materiales triásicos y continúa durante todo el período Secundario. En ese momento la Meseta se hallaba suavemente inclinada hacia el E y NE y sus costas (coincidiendo en cierto modo con el actual Sistema Ibérico) estaban bañadas por el llamado mar de Tethys. Por tratarse de una zona litoral la sedimentación es inicialmente muy poco profunda, alternando a veces con sedimentación continental que coincide con pequeñas emersiones.

El registro sedimentario del comienzo del episodio extensional alpino en la Cordillera Ibérica parece estar representado por el Pérmico superior, aunque no puede descartarse una edad anterior (Pérmico medio). Este ciclo comenzó en el rift Ibérico con la reactivación de algunos sistemas de fallas tardivariscos cuyo movimiento dio lugar a una serie de estructuras extensionales que afectaron también al Pérmico inferior. Su espesor es relativamente importante y está compuesto en su mayoría por sedimentos detrítico-terrágenos rojos de origen continental aluvial y fluvial. Durante la etapa de desarrollo del *rifting*, que en líneas generales coincide con el final del Pérmico y el comienzo del Triásico, se produjo una generalización de la subsidencia, una ampliación de las áreas de depósito y una sedimentación de espesores considerables (de 200 m a 600 m) de series de origen fluvial.

Durante el Trías, de facies Germánica, se depositan conglomerados (Bundsandstein), niveles de calizas dolomíticas poco potentes (Muschelkalk) y, sobre todo, arcillas, margas y yesos (Keuper). Este último horizonte corresponde al nivel de despegue de la cobertera, por su plasticidad.

Los terrenos del Trías se localizan en pequeñas áreas en los alrededores de la Sierra de la Demanda y en el flanco septentrional de la Sierra de Cameros.



4.1.6. Jurásico inferior y medio

La primera fase *post-rifting* mesozoica en la Cordillera Ibérica, comenzó en el Triásico superior y se desarrolló durante el Jurásico inferior y el Jurásico medio (Lías y Dogger). En este intervalo se llevó a cabo una activa sedimentación de carbonatos, acumulándose potentes sucesiones que en La Rioja afloran en las sierras de Urbión y la Demanda y orlando el borde norte de la Demanda y Cameros. Durante esta etapa *post-rifting*, entre los carbonatos que se depositaron en un sistema de plataformas someras se intercalan tramos margosos y potentes unidades evaporíticas, en su parte basal, o sus equivalentes disueltos y colapsados. La geometría y evolución de estas plataformas, que constituyen el límite occidental del Tethys, estuvieron condicionadas por la actividad de fallas sinsedimentarias, desarrolladas dentro de una cuenca intraplaca sometida a un ambiente extensional, al que se asoció una actividad magmática de cierta entidad.

El Jurásico marino aparece con formaciones de naturaleza calcárea que comienzan con dolomías a las que le siguen secuencias de calizas, alternancia de margas y calizas, calizas arenosas, calizas masivas, calizas, margas y areniscas cuarcíticas.

4.1.7. Purbeck-Weald

El Jurásico continental y el Cretácico inferior, en facies Purbeck-Weald, se localizan en amplias zonas de la región de Cameros y constituyen potentes series de sedimentos continentales de conglomerados cuarcíticos, limos, limolitas, calizas y margas.

Desde finales del Jurásico, lo que más tarde pasará a ser la sierra de la Demanda emerge ligeramente y deja de recibir sedimentación marina, de manera que la potencia total de la cobertera mesozoica sobre el Paleozoico es muy pequeña.

En cambio, inmediatamente al Este de la Demanda se entra en una fase de subsidencia que perdura durante todo el Cretácico. En ese sector, ocupado



actualmente por la sierra Cebollera y las más orientales de La Rioja, incluyendo así toda la Tierra de Cameros, se instala un gigantesco delta alimentado por un río procedente del centro de la actual Meseta. A medida que el delta va acumulando sedimentos se hunde, facilitando la deposición de nuevos materiales.

Arenas, arcillas y cuarzarenitas constituyen lo esencial de la sedimentación deltaica (en facies Purbeck-Weald o, más genéricamente, facies Weald), a veces alternando con formaciones carbonatadas de medios litorales, especialmente hacia el final de la serie.

La Formación Weald constituye la mayor parte de la región de Cameros. Los materiales de esta formación constituyen potentes series de sedimentos continentales de ambiente deltaico, representados por una variada gama de conglomerados, cuarzarenitas, limos, limonitas, calizas y margas, que presentan colores muy vistosos y diversos.

4.1.8. Cretácico inferior (Aptiense–Albiense)

En la mitad oriental de La Rioja, en el límite meridional del Valle del Ebro, afloran areniscas y limonitas de edad Aptiense-Albiense, en facies Utrillas.

Durante esta etapa se depositaron sedimentos marinos someros y continentales. El registro sedimentario está formado por una sucesión clástica, correspondiente a un sistema deltaico con influencia mareal, que presenta frecuentes capas de carbón.

4.1.9. Cretácico superior

Durante el Cretácico superior tiene lugar el mayor ascenso eustático de todo el Mesozoico, por lo que las plataformas marinas se extienden más que en ninguna otra época, dando amplias y homogéneas plataformas carbonatadas



El Cretácico superior prácticamente no está representado en La Rioja.

4.1.10. Rocas ígneas

En la sierra de la Demanda hay dos tipos de manifestaciones magmáticas: filones de cuarzo y diversos *sills* y diques de composición andesítica, emplazados en materiales preordovícicos afectados por el metamorfismo y la tectónica varisca.

Al Norte de la sierra de la Demanda, dentro de materiales en facies Keuper, afloran doleritas toleíticas (“ofitas”). Estos afloramientos subvolcánicos son fragmentos de un mismo *sill* inicial, tal como se puede reconstruir mediante criterios de emplazamiento.

El magmatismo alcalino, de edad pre-Hettangiense, se presenta al Este de la sierra de Cameros ligado al *rift* del margen occidental del Tethys.

4.1.11. Características estructurales

La tectónica alpina se manifiesta de forma diferente en la sierra de la Demanda que en el resto del Sistema Ibérico riojano, debido a la potencia de la cobertera mesozoica. En la Demanda, el movimiento vertical del zócalo infrayacente (hoy ya exhumado en superficie) dio lugar a una deformación similar de la cobertera, que por su escasa potencia fue incapaz de amortiguar los levantamientos y hundimientos.

En general puede hablarse de una deformación positiva de gran radio de curvatura, lo que hace que en su borde Norte los estratos mesozoicos aparezcan con buzamientos próximos a 90°. Incluso la existencia de materiales plásticos por encima del zócalo produce movimientos gravitacionales hacia el Norte, con pequeños despegues de las calizas jurásicas que dan lugar localmente a pliegues en cascada (como en Cerro Peñalba). En el interior del macizo se generan numerosas fallas entrecruzadas, que a veces dan lugar a auténticas fosas tectónicas, como en el sinclinal de Canales, en la cabecera del Najerilla, donde el hundimiento del zócalo ha arrastrado consigo a la cobertera mesozoica, que queda así hundida y deformada en sinclinal respecto al



paleozoico circundante.

En el resto del Sistema Ibérico riojano (antiguo delta weáldico) las deformaciones profundas y los avances verticales del zócalo se dejan sentir muy suavemente en superficie, al ser amortiguados por la potente cubierta mesozoica. La tectónica alpina se pone aquí de manifiesto mediante pliegues suaves y distanciados entre sí, con buzamientos poco pendientes en la mayoría de los casos, a veces casi completamente horizontales (por ejemplo, en las proximidades del puerto de Piqueras). Los pliegues siguen una marcada orientación O-E ó NNO-SSE, mientras que las líneas de fractura, no precisamente abundantes, siguen una dirección NO-SE.

Por el Norte, el contacto entre el Sistema Ibérico y la Depresión del Ebro se establece por medio de una gran falla cabalgante cuyo frente presenta una continuidad de unos 90 km y un desplazamiento de unos 25 km. El nivel de despegue está constituido por los yesos del Keuper, que aparecen completamente deformados en muchos sectores del frente de las sierras. El cabalgamiento hace montar los materiales mesozoicos (generalmente el Triásico o el Jurásico) sobre el Terciario de la Depresión del Ebro. Ocasionalmente, en el frente Norte de la sierra de la Demanda se superpone el Paleozoico al Terciario por medio de fallas inversas que dan idea de la importancia de la tectónica en ese borde septentrional. En todo el frente cabalgante la cobertera mesozoica aparece intensamente fallada (a veces configurando pequeñas fosas tectónicas, como es el caso de Villarroja) y con los estratos fuertemente inclinados, incluso subverticales.

Localmente puede hablarse de fenómenos diapíricos, con extrusión de los yesos triásicos, como sucede en Jubera y en Arnedillo. En muchos sectores el frente fallado y cabalgante queda oculto tras los conglomerados del borde de la Depresión del Ebro.

4.2. CUENCA DEL EBRO

4.2.1. Terciario

La Cuenca terciaria del Ebro es, geográficamente, una depresión relativa enmarcada por los Pirineos, la Cordillera Ibérica y las Cadenas Costero Catalanas. De forma



triangular, en su extremo occidental enlaza con la Cuenca del Duero por el corredor de la Bureba. Representa la última fase de evolución de la cuenca de antepaís surpirenaica, y sus límites y estructura actual se establecieron entre el Oligoceno superior y el Mioceno inferior, cuando los cabalgamientos frontales surpirenaicos alcanzaron su emplazamiento definitivo. La geometría del relleno de la cuenca, exceptuando el sector occidental, presenta una forma de prisma abierto hacia el norte, con la base del Terciario situada a más de 3.000 m bajo el nivel del mar en el margen pirenaico. Sobre esta superficie basal, el Terciario presenta una tendencia al solapamiento expansivo hacia el sur, con los materiales más antiguos recubriendo esa superficie en el margen pirenaico y los más modernos hacia el margen ibérico.

El relleno alcanza en algunos puntos la potencia excepcional de 5.000 metros, lo que da idea no sólo de la importancia del hundimiento sino también del gran volumen de sedimentos aportados desde los márgenes montañosos, muy trabajados por los agentes erosivos.

En un esquema muy sencillo puede afirmarse que la Depresión del Ebro organiza la distribución de los sedimentos de forma aureolada desde los bordes hacia el centro, de acuerdo con la selección típica de materiales por su tamaño en función de la distancia recorrida. Así, los ríos y barrancos procedentes de las montañas, que transportaban importantes volúmenes de sedimentos hacia la cubeta del Ebro, perdían bruscamente pendiente y energía al entrar en la Depresión, abandonando los materiales más gruesos (gravas con variado índice de rodamiento que luego se convirtieron en conglomerados al adquirir consistencia). A medida que las corrientes torrenciales se acercaban al centro de la Depresión iban abandonando materiales cada vez más finos, arenas (más tarde convertidas en areniscas) y arcillas. Finalmente, en el centro se formaban pequeñas lagunas, seguramente poco profundas y de posición muy variable con el paso del tiempo, en las que irían depositándose sedimentos de origen químico (yesos, sales, calizas), en un medio semiárido o árido sometido a intensa evaporación estacional, a veces con desecación completa hasta la siguiente precipitación.

El esquema precedente se mantiene muy bien en sus rasgos esenciales en toda la Depresión del Ebro. Por ejemplo, en el paso de la montaña hacia la cubeta aparecen



siempre importantes volúmenes de conglomerados con su relieve típico (Viguera, Anguiano y Matute). Por el contrario, en el centro de la antigua Depresión dominan los depósitos de sales, yesos y calizas. Entre los conglomerados y los sedimentos químicos se desarrolla toda una serie de relieves sobre areniscas y sobre arcillas; en La Rioja destacan, cerca del eje del Ebro, la llamada “facies Haro”, de tonos amarillentos, y algo más al Sur la “facies Nájera”, de coloración más rojiza.

No obstante, no todo es tan regular y en ocasiones se han formado pequeñas lagunas muy cerca del frente montañoso y allí se han depositado yesos, lejos del centro de la cubeta, como sucede al Sur de Arnedo.

El Terciario, como se ha indicado, está representado por sedimentos depositados en ambiente continental en un dispositivo de abanicos aluviales que, con procedencia meridional, tienden a rellenar el surco riojano. En el borde meridional de este surco se han diferenciado cinco unidades tectosedimentarias (UTS), que quedan separadas entre sí por discontinuidades sedimentarias. La similitud de procesos generadores del depósito a lo largo del tiempo, así como la identidad de áreas suministradoras de los mismos, hace que sean frecuentes sedimentos mitológicamente similares y que, sin embargo, pueden corresponder a UTS distintas.

En el cuadro 4.1 adjunto se señalan las distintas formaciones diferenciadas en el borde meridional del surco riojano, localizándolas en su UTS correspondiente. En este gráfico se refleja la existencia, durante el Oligoceno, Mioceno y Plioceno; de una serie de procesos que dan lugar a la diferenciación de cinco UTS, correspondientes a una determinada geometría de cuenca y a una distribución de facies característica dentro de ella.

Los conglomerados de borde de cuenca, de edad Oligoceno, son en unos casos conglomerados compuestos esencialmente por cantos calcáreos, empastados en una matriz arcillo-arenosa carbonatada muy poco resistente a la erosión; y, en otros casos, son conglomerados silíceos. Existen excelentes ejemplos de ambos tipos de conglomerados. Los calcáreos se hallan bien representados al Sur de Arrendó (depositados precisamente tras las primeras elevaciones de la sierra) en Viguera-Islallana, en Anguiano y Matute-Tobía. Los silíceos dominan en Yerga, Cabimonteros,



Serradero y Santurdejo.

La secuencia está integrada por bloques y cantos poligénicos de rocas mesozoicas y paleozoicas, cuya granulometría decrece de Sur a Norte, pasando de conglomerados a areniscas groseras y después a arcillas.

Los conglomerados oligocenos, en el borde sur de la Depresión del Ebro, se encuentran siempre afectados por el cabalgamiento frontal de la sierra de la Demanda-Cameros.

CUADRO 4.1. UNIDADES TECTOSEDIMENTARIAS DEL TERCIARIO DEL VALLE DEL EBRO					
Crono-logía	U.T.S	Belorado	Santo Domingo de la Calzada	Nájera-Anguiano	Munilla
Mioceno sup.	5	Calizas del Puerto de La Brújula	Conglomerados de Santurdejo	Conglomerados del Serradero	Conglomerados de Cabimonteros
Mioceno med.	4	Calizas Yesos Arcillas Conglomerados y areniscas de San Miguel de Pedroso	Yesos y margas yesíferas. Limolitas y arcillas. Areniscas de Grañón. Areniscas y arcillas. Conglomerados de Amunartia.	Areniscas y arcillas. Conglomerados.	Conglomerados.
Mioceno inf.	3	Yesos de Cerezo. Arcillas y margas. Conglomerados de Puras.	Yesos de Cerezo. Limolitas y margas yesíferas. Areniscas y arcillas. Arcillas de Vitoria. Areniscas y limolitas. Conglomerados de Ojacastro.	Arcillas y areniscas. Areniscas y limolitas. Conglomerados de Matute y de Islallana.	Areniscas y arcillas. Conglomerados de Islallana.
Oligoceno	2	Areniscas, limolitas y arcillas. Conglomerados.	Areniscas, limolitas y arcillas.	Areniscas y arcillas. Conglomerados.	Conglomerados de Quel.
	1				Conglomerados, areniscas y arcillas rojas.



4.2.2. Cuaternario

El relleno de la Depresión llega hasta el Plioceno, momento a partir del cual comienza su progresivo vaciado por parte del río Ebro y su red de afluentes, una vez que el Ebro se ha abierto paso hacia el Mediterráneo a través de una fractura en la Cordillera Costero-Catalana. Hasta ese momento existiría una conexión directa entre las sierras y la Depresión del Ebro, pero desde entonces la sierra de la Demanda aparece cada vez más desconectada. El encajamiento del río Oja favorece el que dos de sus afluentes más importantes (el Ciloría y el Turza) se instalen en la banda arcillosa del Trías, que sigue una orientación O-E. A partir de ese momento los torrentes que desde la Demanda se dirigían directamente hacia la Depresión del Ebro quedan cortados y desaguan en el Ciloría y en el Turza.

4.2.3. Características estructurales

La existencia de deformaciones en los sedimentos de la Depresión del Ebro es un hecho relativamente frecuente, aunque no reviste la intensidad ni la continuidad de las que caracterizan a las áreas afectadas más directamente por el plegamiento alpino. Es cierto que en la mayor parte de la Depresión los estratos aparecen horizontales o con buzamientos muy suaves, pero localmente existen pliegues importantes. Así, al Sur de Arnedo los conglomerados basales oligocenos se encuentran fuertemente deformados, probablemente por el avance hacia el N del frente de cabalgamiento de la Sierra de Cameros; sobre ellos se depositaron otros conglomerados con una fuerte discordancia angular, claramente postectónicas.

También se han identificado suaves flexiones en Arnedo, Baños de Río Tobía y Nájera, que han sido consideradas como manifestaciones de cabalgamientos que afectan a los materiales preterciarios aunque, a diferencia de lo que sucede con el frente cabalgante de Cameros-Demanda, no son visibles en superficie al quedar ocultos bajo el gran paquete de sedimentos del Terciario de la depresión del Ebro. En superficie destacan más las deformaciones en los yesos de la zona Alcanadre-Lodosa. En este sector interviene seguramente una tectónica de alcance regional



favorecida por la movilidad de las series yesíferas; así es como se forman pliegues anticlinales y sinclinales con ejes de dirección ONO-ESE, que se prolongan hacia el sur de Navarra. También cabe señalar la existencia de cierta actividad geotectónica, con pequeñas fallas que afectan a depósitos cuaternarios (glacis y terrazas) e incluso pequeños seísmos en la zona de contacto entre el Sistema Ibérico y la Depresión (Arnedillo, Turruncún).

4.3. SIERRA DE CANTABRIA

El límite septentrional de la Depresión del Ebro coincide con las sierras de Obarenes, Toloño y Cantabria, que pueden considerarse las últimas estribaciones occidentales de los Pirineos o también las alineaciones más meridionales de los Montes Vascos, con lo que quedarían englobadas dentro de la Cordillera Cantábrica. Están formadas por una alineación estrecha y alargada en sentido O-E, cuya continuidad se ve rota por pequeños pasillos de dirección N-S, abiertos a favor de fallas transversales que permiten individualizar a las diferentes sierras. Su línea de cumbres presenta una altitud modesta y están formadas fundamentalmente por materiales cretácicos con algunos afloramientos liásicos y triásicos. Calizas, dolomías, margas, calizas arenosas y arcillas forman un conjunto muy abigarrado situado en el flanco meridional de un gran sinclinal. El contacto con la Depresión del Ebro se efectúa por medio de una falla cabalgante en sentido O-E. En el interior de las sierras aparecen numerosas fallas de gran significado geomorfológico, unas veces porque delimitan pequeñas fosas y otras porque controlan el trazado de la red fluvial. Por supuesto, en el contacto con la Depresión se ha formado también una aureola de conglomerados, bien cementado, aunque mucho menos potentes que los que se localizan en el frente de Cameros-Demanda, básicamente porque la fuente de abastecimiento de tales conglomerados es, en el caso de Obarenes-Toloño-Cantabria, de mucha menor entidad morfoestructural.

4.4. LINEAMIENTOS

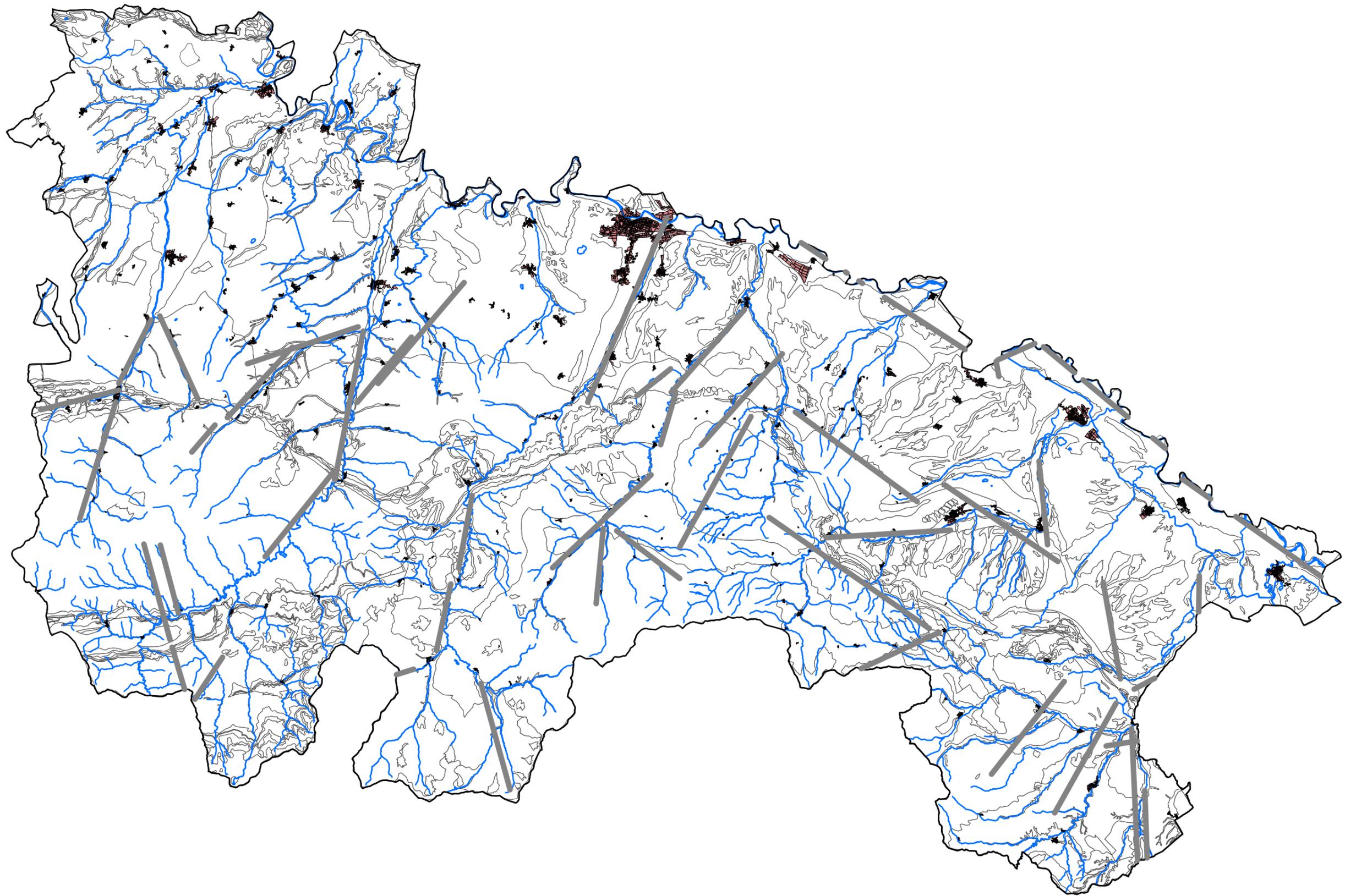
A partir de imágenes satélite de La Rioja se han representado en la figura 4.1 los principales lineamientos observables, con objeto de establecer su posible relación



con las anomalías geoquímicas.

Los lineamientos observados siguen tres direcciones preferentes:

- N130°E, que es dirección preferente y coincide a grandes rasgos con la dirección del Ebro.
- N30°E, dirección consecuencia de esfuerzos tensionales recientes en la Península Ibérica.
- N5°E, conjugada de la anterior.



1:350.000

Mapa de lineamientos