

5.2.- SINGULARIDADES ESTRUCTURALES

Deformaciones Corticales

Las rocas sedimentarias al estar formadas por estratos, horizontales y continuos en origen, permiten conocer la existencia de deformaciones, por la pérdida de la horizontalidad, o de continuidad. Estas pérdidas se producen como consecuencia de los esfuerzos tectónicos dirigidos, que hacen que los materiales de la corteza tienden a deformarse. La deformación puede ser de dos tipos: dúctil o frágil. Si la deformación es dúctil se producirá el plegamiento; si la deformación es frágil se producirá la fracturación. Aunque también se dan otros procesos tectónicos singulares como es el caso de la esquistosidad; un ejemplo de este tipo de estructura, que es común en las rocas de los valles del Alhama y del Linares, se puede apreciar cerca de la localidad de ***Inestrillas***.

Pliegues

Son deformaciones de las rocas, generalmente sedimentarias, en la que elementos de carácter horizontal, como los estratos o los planos de esquistosidad (en el caso de rocas metamórficas), quedan curvados formando ondulaciones alargadas y más o menos paralelas entre sí. Los elementos de un pliegue son:

- Charnela: zona de mayor curvatura del pliegue.
- Línea de charnela: línea que une los puntos de mayor curvatura de una superficie del pliegue. También recibe el nombre de eje del pliegue.
- Plano axial: plano que contiene todas las líneas de charnela y divide al pliegue en dos partes iguales llamadas flancos o limbos.
- Núcleo: parte más comprimida y más interna del pliegue.
- Flancos: mitades en que divide un pliegue el plano axial.

Se define la inmersión de un pliegue como el ángulo que forman una línea de charnela y el plano horizontal.

La dirección es el ángulo formado entre un eje del pliegue y la dirección norte - sur, y el buzamiento es el ángulo que forman las superficies de los flancos con la horizontal.

Los pliegues se pueden clasificar atendiendo a varias características:

1.- Por su forma:

- Anticlinales: curvados hacia arriba (forma de A). El núcleo se encuentra en la parte inferior y más antigua del pliegue. (Es el caso de los anticlinales de **Alcanadre** y de **Pégado**)
- Sinclinales: curvados hacia abajo (forma de U). El núcleo se encuentra en la parte superior y más moderna del pliegue.

2.- Por su simetría:

- Simétricos respecto del plano axial
- Asimétricos respecto del plano axial.

3.- Por la inclinación del plano axial:

- Rectos: el plano axial se encuentra en posición vertical.
- Inclinados: el plano axial se encuentra inclinado. (Como sucede en el espectacular **pliegue de la sierra del Tormo**)

4.- Por el espesor de sus capas:

- Isópacos: sus capas tienen un espesor uniforme. (Los pliegues de **Cabretón** y de **Grávalos** son ejemplo de este tipo)
- Anisópacos: Sus capas no tienen un espesor uniforme.

5.- Por el ángulo que forman sus flancos:

- Isoclinales: sus flancos son paralelos.
- Apretados: los flancos forman un ángulo agudo.
- Suaves: los flancos forman un ángulo obtuso.

Los pliegues no se suelen encontrar aislados, sino que se asocian. Las asociaciones más sencillas de pliegues son:

- Isoclinorio: los ejes de los pliegues son paralelos.
- Anticlinorio: los ejes de los pliegues convergen por debajo del pliegue, de modo que el conjunto de pliegues tiene forma de anticlinal.
- Sinclinorio: los ejes de los pliegues convergen por encima del pliegue, de modo que el conjunto de pliegues tiene forma de sinclinal.

Fallas

Cuando los esfuerzos tectónicos sobrepasan el límite de plasticidad se produce la rotura de la roca, y se producen las fallas. La zona de ruptura tiene una superficie más o menos bien definida denominada plano de falla y su formación va acompañada de deslizamiento tangencial (paralelo) de las rocas a este plano.

Los elementos principales de las fallas son:

- **Plano de falla:** es el plano de fractura o superficie a lo largo de la cual se desplazan los bloques que se separan en la falla. Con frecuencia el plano de falla presenta estrías, que se origina por el rozamiento de los dos bloques.
- **Labio levantado:** el bloque que queda elevado sobre el otro.
- **Labio hundido:** el bloque que queda por debajo del labio levantado.

Las fallas se describen según:

- **Dirección:** ángulo que forma una línea horizontal contenida en el plano de falla con el eje norte-sur.
- **Buzamiento:** ángulo que forma el plano de falla con la horizontal.
- **Salto de falla:** distancia entre un punto dado de uno de los bloques (p. ej. una de las superficies de un estrato) y el correspondiente en el otro, tomada a lo largo del plano de falla.

- **Escarpe:** distancia entre las superficies de los dos labios, tomada en vertical.

Las fallas se clasifican en tres tipos en función de los esfuerzos que las originan y de los movimientos relativos de los bloques:

- **Falla normal:** Este tipo de fallas se generan por tensión horizontal. El movimiento es predominantemente vertical respecto al plano de falla, el cual típicamente tiene un ángulo de 60 grados respecto a la horizontal. Ésto es lo que puede apreciarse en las fallas sinsedimentarias que se aprecian en el cañón del río **Leza** o en la carretera de **Arnedo**.
- **Falla inversa:** Este tipo de fallas se genera por compresión horizontal. El movimiento es preferentemente horizontal y el plano de falla tiene típicamente un ángulo de 30 grados respecto a la horizontal. El bloque de techo se encuentra sobre el bloque de muro. Cuando las fallas inversas presentan un buzamiento inferior a 45°, se denominan cabalgamiento. Este es el caso del **cabalgamiento de Cameros** que pone en contacto los materiales Jurásicos y Cretácicos de la Cuenca de Cameros, con las rocas depositadas durante la era Terciaria en la Depresión del Ebro
- **Falla de desgarre:** Estas fallas son verticales y el movimiento de los bloques es horizontal. Estas fallas son típicas de límites transformantes de placas tectónicas. Se distinguen dos tipos de fallas de desgarre: dextrales y sinestrales. También se les conoce como fallas transversales.
- **Falla rotacional o en tijera:** Es la que se origina por un movimiento de basculamiento de los bloques que giran alrededor de un punto fijo, como las dos partes de una tijera.

La tectónica, de edad alpina, se manifiesta de forma diferente en la Sierra de la Demanda y 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 N los estratos mesozoicos aparezcan con buzamientos próximos a 90°, incluso la existencia de materiales plásticos por encima del zócalo produce movimientos gravitacionales hacia el N, 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 wealdico) 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 N, 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. Este cabalgamiento puede apreciarse en diferentes puntos a lo largo de su trazado (**Peña Isasa, Préjano**, Arnedillo). 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 N 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 **Villarroya** 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.

Además de las estructuras fundamentales, pliegues y fallas que morfológicamente configuran por si mismas el paisaje, existen otras, que también aportan su peculiaridad al conjunto, es el caso de los relieves en cuesta, formados por la existencia de una serie monoclinas con capas de diferente dureza sobre las que actúa la erosión de forma diferencial. Un buen ejemplo de este tipo de relieve lo constituye la Sierra de las Cabezas.

También cabe mencionar en este apartado las estructuras de menor escala que dan lugar a morfologías típicas, como es el caso de las grietas de extensión producidas cuando dos bloques a ambos lados de una superficie de discontinuidad, se separan debido a una fuerza de tracción, produciéndose un hueco entre ellos que origina una junta o grieta de extensión que tiende a ser simultáneamente rellena por los materiales disueltos en los fluidos que circulan a través de la roca fracturada. Estas formaciones son buenas indicadores de los esfuerzos a que ha estado sometida la región y a veces ofrecen unas formas muy vistosas. Así ocurre en una cantera situada cerca de la localidad de **Cervera del río Alhama** donde se aprecian unas grietas de extensión rellenas de calcita y ocasionalmente de azufre cristalizado.

Los puntos de interés tectónico-estructural estudiados aparecen situados en el siguiente mapa.