

## 5.- CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

### 5.1.- INTRODUCCIÓN

El área cartografiada está situada en el contacto entre las Sierras Exteriores y el margen norte de la Cuenca del Ebro. Desde el punto de vista geodinámico, este contacto corresponde al frente de cabalgamiento surpirenaico que constituye el límite sur de la Cordillera Pirenaica. Este frente presenta como característica excepcional un contraste de materiales y un grado de afloramiento que pueden considerarse como un ejemplo inigualable de frente montañoso. Esta excepcionalidad justifica sobradamente el intenso trabajo descriptivo e interpretativo de diferentes equipos de trabajo, y una literatura abundante entre la que destacaremos trabajos clásicos como Puigdefábregas y Soler (1973) y Puigdefábregas (1975) y un nutrido grupo de trabajos más recientes (Nichols, 1984, 1987a; Reynolds, 1987; McElroy, 1990; Pocovi *et al.* 1990; Millán *et al.* 1994a, 1995, 2000; Pueyo, 1994, 1997, 2000; Teixell y García- Sansegundo, 1995 entre otros).

La excepcionalidad exposición y la complejidad estructural de las Sierras Exteriores en la zona estudiada, conocida en la literatura como corte del río Gállego, se une a la espectacularidad de los afloramientos de conglomerados adosados al frente de las Sierras (Mallos de Riglos, Peña Ruaba, Agüero entre otros). Estos conglomerados marcan claramente los últimos estadios de la deformación pirenaica y la erosión de las Sierras que nutren a los abanicos aluviales sincrónicamente a su deformación.

Este conjunto de características hacen de este entorno uno de los mas visitados por grupos de geólogos en cursos de formación, congresos etc.

El estudio a escala 1:5.000 del Paraje de la Raya, se enmarca en los límites este y oeste de los mapas topográficos de la Diputación General de Aragón nº 20951 y 20959, y tiene por límites sur y norte las coordenadas UTM 4690500 y 4693500. Esta área comprende la parte centro-meridional del corte del río Gállego y abarca por completo al mallo denominado como Peña Ruaba o Mallos de Murillo. La ladera oriental de dicha Peña es el objetivo principal del proyecto, con la finalidad de establecer su estabilidad geotécnica.

El trabajo de Puigdefábregas (1975) constituye el punto de partida sobre el conocimiento geológico moderno de la región estudiada. Desde el punto de vista estructural el trabajo de Soler y Puigdefábregas (1970) había descrito el corte del río Gállego.

El frente cabalgante presenta adosados una serie de abanicos aluviales que fueron deformados parcialmente por el avance de la deformación dando lugar a discordancias progresivas. Las facies apicales de estos abanicos aluviales son conglomeráticas y con la posterior cementación, fracturación y erosión han dado lugar a los relieves de los Mallos. Estos abanicos aluviales conglomeráticos tienen una distribución muy local y pasan muy rápidamente a facies fluviales con un escaso porcentaje de conglomerados. Este contraste condiciona también el desgaste erosivo de dichos materiales propiciando la formación de Mallos.

La erosión cuaternaria originada por el río Gállego, encajó la red fluvial dejando un cortejo de terrazas fluviales y condicionando el desgaste de los Mallos. A favor de las diaclasas han generado auténticos torreones y suministrado abundante material suelto que en forma de cantos y grades bloques rellenan las laderas con potentes espesores de depósitos de vertientes y glacis.

## **5.2.- DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRAFIADAS EN LOS MAPAS GEOLÓGICOS A ESCALA 1:5.000 y 1:2.000**

### **5.2.1.- Triásico**

Aflora de manera marginal en el extremo noreste de la zona cartografiada, en la parte correspondiente al flanco norte de la unidad cabalgante. Se han diferenciado tres unidades cartográficas que pueden atribuirse al Röt (?), Muschelkalk y Keuper. En el resto del área cartografiada el Triásico esta completamente cubierto por derrubios cuaternarios y el Keuper aflora junto a la carretera en la base del flanco sur de la unidad cabalgante.

#### **5.2.1.1.- Lutitas y yesos. Facies Röt (?) (1)**

Esta formada por una alternancia de lutitas rojas y yesos. No es posible describir su disposición estratigráfica puesto que están intensamente tectonizadas al ser el nivel de despegue principal de las estructuras de Sierras Exteriores.

Aflora de manera excelente junto a la vía del tren, ligeramente al norte de la zona cartografiada y presenta en este punto un espesor aproximado de 60 m. Esta completamente cubierto en todo el ámbito del mapa de la Raya.

El ambiente sedimentario corresponde a una llanura continental evaporítica. No se observan influencias fluviales, puesto que no hay canales arenosos.

La atribución en edad de esta unidad es dudosa. Podría tratarse de Keuper con una repetición estructural y despegue a techo del Röt o estar éste involucrado en la base de los cabalgamientos.

#### 5.2.1.2.- Calizas micríticas con laminaciones centimétricas. Facies Muschelkak (2)

Es un potente paquete de calizas micríticas laminadas o masivas, en las que destacan tramos de calizas tableadas de escala centimétrica. De manera muy local se observan algunas acumulaciones de pequeños bioclastos de textura wackestone de bivalvos, gasterópodos y ostrácodos. En áreas de la Sierra Caballera Almera y Rios (1950-51) citan la presencia del gasterópodo *Omphalochia rhenana*. Las laminaciones presentan de manera esporádica estratificación cruzada de bajo ángulo, pero predomina claramente la estratificación planar. Las capas masivas suelen tener espesores de 1 a 5 m y presentan bioturbaciones de diferentes escalas, algunas de diámetro de 1 cm y longitud de 10 a 50 cm de tipo "fucoides".

También de manera esporádica se observan brechas de calizas micriticas, donde los clastos, muy angulosos, son de caliza tableada.

La base es un contacto normal sobre las unidad 1, aunque está depegada tectónicamente en muchos puntos. El techo es un contacto normal con una tendencia al paso gradual a las lutitas del Keuper, mediante un tramo de margocalizas.

En la zona cartografiada solo aflora en el margen noreste estando cubierto por depósitos cuaternarios en el resto.

Calvet y Anglada (1987) sitúan las calizas del Muschelkalk en el Pirineo dentro del Ladiniense. Frechèngues y Peybernes (1991) sitúan la base de esta unidad dentro del Anisiense superior- Ladiniense inferior y el techo en el Ladiniense superior – Carniense inferior.

Estas calizas se interpretan como facies de plataforma marina interna, llanura mareal somera o lagoon restringido. El contexto pirenaico indica que es una rampa carbonatada extensa poco profunda.

### **5.2.1.3.- Lutitas y limos rojos con yesos. Facies Keuper (3)**

El Keuper debería aflorar extensamente en la zona cartografiada pero solo lo hace en contados puntos debido al recubrimiento por derrubios cuaternarios. El único punto interesante se localiza en la carretera y pertenece al flanco sur de la lámina cabalgante superior. Puesto que en

este punto soporta el cabalgamiento basal, está tectonizado y no presenta las condiciones óptimas para su estudio estratigráfico.

Esta formado por una alternancia de lutitas y limos de colores rojos, marrones y grises, con pasadas irregulares de yesos distribuidos en vetas de yesos secundario.

Cartográficamente se deduce un espesor próximo a los 50 m. Al norte de la zona cartografiada, se deduce igualmente que el límite inferior es normal sobre las calizas de la unidad 2. El límite superior es normal y neto, aunque corresponde a una paraconformidad con gran hiato sedimentario que comprende todo el Jurásico, todo el Cretácico Inferior y parte del Cretácico Superior.

Fuera del área cartografiada y concretamente al noreste de la localidad de Riglos, se observa algún buen afloramiento de Keuper que permite describir dos tramos. Un tramo inferior con alternancia de capas de margocalizas laminadas y lutitas grises y marrones, de unos 20 m de espesor. Un tramo superior de unos 30 m, formado por lutitas rojas, ocre, marrones y grises, con alguna pasada centimétrica de margocalizas, carniolas o limos y areniscas y con tramos de yesos laminados y nodulosos. En la parte baja Dalloni (1910) cita la presencia de los bivalvos *Myoporia* y *Posidonomya*, acompañados de algunos lingúlidos y gasterópodos.

El ambiente sedimentario correspondería a depósitos supra o intermareales, para la parte inferior y depósitos de llanura continental evaporítica para la parte alta.

### 5.2.2.- Cretácico

El Cretácico de las Sierras Exteriores esta formado exclusivamente por materiales correspondientes al Santoniense, Campaniense y Maastrichtiense, depositados en contexto transgresivo sobre una superficie peneplanizada que arrasa a los materiales precedentes. El límite inferior es por tanto una superficie erosiva que describe una paraconformidad estratigráfica. Destaca el carácter casi planar de los materiales cretácicos sobre el Muschelkalk y el Keuper. Solo localmente presenta una ligera angularidad que indica una discordancia cartográfica a gran escala.

Solo en la zona de San Felices, al oeste del área estudiada aparecen materiales del Jurásico (Comas *et al.* 1989), formando parte del flanco sur de la unidad cabalgante superior.

En la zona estudiada el Cretácico Superior tiene dos litofacies diferenciadas, una parte baja y media formada fundamentalmente por calcarenitas y calizas bioclásticas rojizas de colores marrones rojizos claros o intensos y una parte superior de calizas micriticas grises o blanquecinas. El carácter resistente a la meteorización de ambas litologías crea un paisaje de crestones muy espectacular en el cual el tono rojizo del Cretácico Superior es fácilmente diferenciable. En contraste con su distribución

cartográfica, la base y el techo de estas unidades se observan mal debido a la degradación y al recubrimiento por derrubios cuaternarios.

#### **5.2.2.1.- Calcarenitas bioclásticas rojas y areniscas. (4).**

Directamente sobre el Keuper y en contacto neto se observan areniscas líticas o calcarenitas rojizas en gruesas capas. En otros puntos de Sierras Exteriores en esta posición se encuentra un paquete importante de areniscas líticas y cuarcíticas que no ha sido observado en el área cartografiada. La base está intensamente cubierta por derrubios cuaternarios, de modo que no puede describirse con exactitud su composición y disposición. El conjunto de calcarenitas, calizas bioclásticas rojizas y areniscas forma un paquete masivo de unos 50 a 80 m de espesor con excelente continuidad lateral.

Los tramos de calizas bioclasticas presentan texturas de grainstones y packstones de fragmentos milimétricos de gasterópodos, bivalvos, equinodermos, algas rodofíceas, algunos briozoos y pequeños foraminíferos. Entre los bivalvos destacan los fragmentos de rudistas. Estas calcarenitas indican un ambiente de alta energía, puesto que muy a menudo se observan laminaciones cruzadas de alto ángulo y gran escala correspondientes a barras de plataforma.

Se observan esporádicamente capas de arenisca lítica de tono rojizo y calcarenitas arenosas, que pasan lateralmente a calcarenitas bioclásticas.



Esto indica un aporte terrígeno que es rápidamente incorporado a la plataforma marina bioclástica.

De manera frecuente el tamaño de los bioclastos es muy pequeño de manera que la roca tendría una textura de micro-graistone en la que los bioclastos no son distinguibles a simple vista. El tono rojizo es asimismo variable y localmente el color es rojo intenso.

El límite superior de la unidad es un contacto neto. La edad comprendería probablemente un Campaniense y Maastrichtiense equivalente a la Fm Bona, ampliamente distribuida por las Sierras Marginales y en el Montsec.

No se han encontrado en ningún punto calizas con lacazinas, que indicarían edad Santoniense y que si están presentes en la parte oriental de Sierras Exteriores.

El ambiente sedimentario corresponde a una plataforma carbonatada marina con alta energía y alta productividad orgánica. La ausencia de grandes orbitoides y siderolites indica que estamos en una parte interna de la plataforma, en posición cercana a la plataforma somera.

#### **5.2.2.2.- Calizas micriticas con algunos rudistas (5).**

Al igual que en muchos puntos de Sierras Marginales, el techo del Cretácico carbonatado esta caracterizado por la presencia de calizas micriticas que recuerdan a las facies garumnienses. Se diferencian de estas

por la presencia esporádica de fósiles marinos y por su carácter transicional a las calizas bioclásticas del Campaniense – Maastrichtiense. Esta disposición es asimismo muy frecuente en la parte media y occidental de las Sierras Exteriores.

La parte superior del Cretácico presenta facies de calizas micríticas masivas o nodulosas. Contienen algunos rudistas y otros bivalvos y gasterópodos de concha fina, acompañados de miliólidos y algunos pequeños foraminíferos así como restos de algas indeterminados. De manera frecuente las facies son de margocalizas nodulosas, como puede verse en la foto 5.6 D. Incluso localmente presentan decoloraciones.

Los límites inferior y superior son netos y su potencia media es de 20 m, con una continuidad lateral excelente (ver foto 5.5).

El ambiente sedimentario corresponde a la plataforma marina interna con facies de plataforma media, proximal y transicional.

Su edad se atribuye al Maastrichtiense por comparación al resto de Sierras Exteriores y Marginales.

### **5.2.3.- Paleoceno y Eoceno Inferior.**

Es común a todas las Sierras Exteriores observar un gran paquete de lutitas rojas sobre las calizas cretácicas. Atribuidas tradicionalmente al Garumniense, presentan en otros puntos de las Sierras paquetes de margas

grises y rojizas con importantes capas de arenisca y caliza micrítica. En el área estudiada es necesario considerar que, de este a oeste, se cambia progresivamente de facies y parte de las calizas del Eoceno inferior pasan lateralmente a calizas micríticas y lutitas rojizas de aspecto Garumniense. Las cartografías de la serie MAGNA (IGME, en prensa) correspondientes a las hojas de Alquezar, Apies, Ayerbe y Agüero lo reflejan claramente. Así pues las lutitas rojas citadas en la literatura como Garumniense clásico y correspondientes al Maastrichtiense terminal y al Paleoceno quedan situadas más al este, en la parte oriental de Sierras Exteriores y en las Sierras Marginales.

En el área cartografiada, los materiales descritos como Garumniense comprenden dos grandes paquetes de lutitas y limos rojos identificados como unidad 6 y separados por una gran capa de calizas micríticas nodulosas identificada como unidad 7.

**5.2.3.1.-** Lutitas y limos rojos con canales de areniscas. Facies Garumniense. (6).

La unidad cartográfica comprende dos paquetes de lutitas rojas, separadas por la caliza de la unidad 7. Las características en conjunto son muy parecidas, diferenciadas por la presencia de canales arenosos en el tramo inferior. Fundamentalmente son grandes paquetes de lutitas rojas, con esporádicas intercalaciones de limos ocreos o rojizos. Los canales arenosos de la parte baja pueden presentar espesores de 1 a 5 m y continuidad lateral irregular. Son arenas líticas y localmente marcan pequeños

crestones en el paisaje, como puede apreciarse en la foto 5.8. Suelen estar muy cubiertas por derrubios cuaternarios y es difícil establecer una serie con detalle. Localmente alguna capa de limo contiene abundantes bivalvos.

El límite inferior es neto y asimismo el límite con las calizas micríticas de la unidad 7 es neto a base y techo. En cambio el límite superior es una erosión importante con discordancia cartográfica, en la que todo el tramo superior de lutitas llega a desaparecer erosionado.

Su espesor es de unos 40 m para el tramo inferior y de unos 30 para el superior. Las facies sedimentarias corresponden a una llanura continental, probablemente una llanura aluvial muy distal y cercana a la transición marina, puesto que existen intercalaciones con bivalvos.

#### **5.2.3.2.- Caliza micrítica con decoloraciones. Facies Garumniense. (7).**

Gran capa de calizas nodulosas micríticas, de color gris con decoloraciones ocre y rojizas. De manera esporádica presenta también bivalvos de concha muy fina.

Su carácter competente a la erosión le permite destacar en el paisaje formando crestones prominentes como se observa en la foto 5.5 marcadas con la letra c.

En zonas cercanas al área cartografiada, esta caliza no está presente y solo se reconocen las facies de lutitas y limos rojos entre las calizas cretácicas y las areniscas y calizas de Guara. Este carácter variable de la distribución cartográfica es frecuente y corresponde al acuñaamiento generalizado de los materiales paleocenos y eocenos hacia el sur (antepaís de la Cuenca Surpirenaica). El margen meridional de la cuenca migraría hacia el sur sincrónicamente con el avance de las láminas cabalgantes. De acorde con este modelo la distribución de las facies del Garumniense refleja cambios significativos del flanco norte al flanco sur de Sierras Exteriores, con series mas reducidas al sur y desaparición de algunas unidades.

Su espesor es de 10 a 30 m y el ambiente sedimentario correspondería a una llanura lacustre o palustre extensa y persistente. Criterios cartográficos acordes con los mapas del IGME (en prensa) de las hojas de Alquezar, Apies, Ayerbe y Agüero, nos permiten pensar que estas calizas pueden ser de edad Ypresiense y no paleocenas.

#### **5.2.4.- Eoceno medio.**

El Eoceno medio de la cuenca sur-pirenaica, es conocido a través de los trabajos de diferentes autores, entre los que destacaremos las hojas geológicas de la serie MAGNA de Alquezar, Apies, Ayerbe y Agüero (IGME, en prensa).

Como característica fundamental en las Sierras Exteriores y Marginales hay que destacar el carácter fundamentalmente carbonatado de los

materiales Lutecienses en contraposición al carácter margoso o terrígeno de los sedimentos del Bartonense.

Las calizas lutecienses, presenta como característica importante en todo el ámbito de Sierras Marginales y Exteriores, una importante discordancia basal, que cartográficamente corresponde a una paraconformidad en numerosas áreas. Esta discontinuidad corresponde a uno de los momentos importantes de actividad tectónica en la Zona Axial pirenaica que condiciona un retroceso del borde sur de la cuenca con transgresión marina y desplazamiento del depocentro de la cuenca sur-pirenaica.

Especialmente en las hojas de Apies y Alquezar, la Fm Guara se puede subdividir en tres unidades que se han denominado como Guara 1, 2 y 3 o Inferior, Media y Superior. Corresponden a tres ciclos sedimentarios de gran escala limitados por bases erosivas y localmente discordantes y que corresponden a ciclos de relleno sedimentario y colmatación, pasando de facies bioclásticas de plataforma marina media en la base, a facies de plataforma marina proximal hacia el techo.

En el área cartografiada mantenemos esta denominación de unidades, sin abordar la problemática de la ausencia de la unidad Guara superior y su significado geodinámico.

Recordemos que como equivalentes cronoestratigráficos de edad Luteciense, tenemos a una parte importante de la cuenca turbidítica del Grupo Hecho el borde norte de la Cuenca Surpirenaica.

Con marcado contraste, las margas del Bartonense presentan características similares tanto al norte como al sur de la cuenca y se disponen claramente como rellenos de cuencas sedimentarias a las que prácticamente colmatan. Los sedimentos deltaicos o transicionales en general indican las áreas de aporte y se caracterizan dos formaciones diferentes. En el ámbito de Sierras Exteriores las formación Margas de Arguis y las de areniscas, limos y calizas de la Formación Belsúe-Atarés comprenden ambos materiales.

#### **5.2.4.1.- Areniscas cuarcíticas, lutitas y calizas. Miembro Inferior de la Fm Guara. (8).**

Se trata de un conjunto heterogéneo de areniscas y conglomerados cuarcíticos, que alternan con capas de lutitas rojas, ocre y grises y con intercalaciones de calizas arenosas o bioclásticas. Predominan las areniscas cuarcíticas, dispuestas en grandes capas de 1 a 3 m de espesor, con acumulaciones de clastos de cuarzo que localmente constituyen capas de conglomerados. Los clastos están muy bien rodados y presentan diámetros que oscilan desde los 5 mm a los dos o quince centímetros. Los cuerpos presentan morfología acanalada de gran escala en muchas ocasiones. Por su carácter de material poroso suele estar recubierto de abundantes derrubios cuaternarios o de abundante vegetación. Aflora de manera aceptable y se puede ver de manera frecuente la intercalación de calizas arenosas o de calizas bioclásticas de grano muy fino, más abundantes hacia la parte alta de la unidad y que pueden alcanzar varios metros de espesor. Su límite inferior es neto y describe una discordancia

angular de bajo ángulo y gran escala, que erosiona a la parte alta de la unidad 6. Esta erosión dispone a las areniscas y conglomerados directamente sobre las calizas de la unidad 7 en la parte occidental del área cartografiada, en los alrededores de Punta Común.

En esta zona no se han observado foraminíferos determinantes, pero la excelente continuidad de esta unidad cartográfica en todas las Sierras Exteriores permite datarla como Luteciense inferior gracias a las alveolinas y nummulites.

El ambiente sedimentario corresponde a una llanura costera con influencia de deltas arenosos y conglomeráticos y con presencia barras costeras de calizas bioclásticas marinas.

Comparando esta unidad con el resto de mapas de Sierras Exteriores, en concreto con Apies y Ayerbe, podemos decir que la importancia de los conglomerados cuarcíticos y facies asociadas aumenta hacia el este, y pasa progresivamente a grandes lóbulos deltaicos de arenas cuarcíticas y líticas. Hacia esta dirección la base de dichas areniscas sigue representando una erosión importante en la que existe un hiato sedimentario de parte del Ypresiense.



**5.2.4.2.-** Calizas bioclásticas de alveolinas y calizas micríticas. Miembro medio de la Fm Guara. (9).

Las calizas de la unidad Guara Media son en realidad un gran paquete masivo de calizas bioclásticas que caracterizan la mayor parte de las Sierras Exteriores.

Se puede describir en el área cartografiada como un conjunto alternante de grandes capas de caliza bioclástica y de calizas micríticas laminadas. En realidad existe toda la gama de texturas, desde grainstones a packstones, wackestones y mudstones con diversas proporciones de bioclastos. Son muy abundantes las capas de varios metros de espesor con alveolinas, miliólidos y otros foraminíferos y son muy escasos los nummulites. Son muy frecuentes las laminaciones internas planares y cruzadas de bajo y alto ángulo. Las presentan muy frecuentemente las calizas laminadas indicando la energía elevada del medio, a pesar del pequeño tamaño de grano. Son muy llamativas las laminaciones cruzadas de pequeña escala y alto ángulo formadas por láminas milimétricas de mayor o menor proporción de bioclastos y en las que se observa frecuentemente láminas de acumulación de alveolinas, como puede verse en la foto 5.10 c.

El límite inferior es neto y el superior presenta una superficie ferruginizada con un contacto muy neto con las margas de Arguis. Este techo ferruginizado corresponde a un hiato sedimentario importante en el que falta una parte importante de la serie de caliza de Guara. En concreto falta una parte de las calizas descritas como Guara Media y toda la unidad Guara Superior con respecto a las series de la hoja de Apies.

El espesor aproximado varia de 60 a 200 m. Recordemos aquí que en las hojas de Apies, Ayerbe y en la parte oriental de la hoja de Agüero alcanza los 400 m. El ambiente sedimentario corresponde a una plataforma marina bioclástica somera. En este punto de las Sierras, la presencia frecuente de tramos de calizas micriticas laminadas con estratificación cruzada indica la proximidad a la transición de plataforma marina a lagoon o zonas costeras protegidas.

Las unidades Guara Inferior y Guara Media tomadas en su conjunto presentan asimismo una variación de facies sutil de norte a sur, con facies más proximales en el sur. Recordemos que en la zona cartografiada tenemos representadas las calizas de Guara en los dos flancos del pliegue del bloque cabalgado y el flanco sur del bloque cabalgante. Las facies con mayor abundancia de alveolinas se observan en este bloque cabalgante, que originalmente se disponía mucho más al norte, en facies mas marinas. El bloque cabalgado tiene una menor proporción de facies con alveolinas y mayor de calizas micriticas, calizas de miliólidos e incluso calizas arenosas, como puede observarse en el corte de la vía del tren y junto a la carretera. El afloramiento de caliza de alveolinas de la carretera, junto a las fuentes de La Raya y que pertenece al flanco sur de la unidad cabalgante no es representativo de las facies puesto que una falla corta a toda la serie y las calizas están recristalizadas. En cambio toda la subida hacia Punta Común presenta excelentes afloramientos de calizas bioclásticas con alveolinas muy abundantes.

#### **5.2.4.3.- Margas gris azuladas. Fm margas de Arguis (10).**

La Formación margas de Arguis de Puigdefabregas (1972) corresponde a la unidad de margas marinas que son equivalentes laterales de la parte inferior de la Formación Campodarbe, y de la Formación Belsúe - Atarés. Sus equivalentes continentales se sitúan al este de las Sierras Exteriores y al norte en los conglomerados de Santa Orosia (hoja de Sabiñánigo). Existe un paso lateral completo de estas facies continentales a las facies deltaicas de la Fm Belsúe- Atarés que se distribuye ampliamente por el flanco norte de la Sierra de Guara. Desde los sinclinales de Santa Maria de Belsúe y de Arguis, predominan claramente las margas y limos de ambiente deltaico muy distal, que pueden ya considerarse como típicos de la Fm Arguis.

En la zona del embalse de la Peña, justo al norte del área cartografiada, la unidad se caracteriza por un gran paquete de margas grises que pasan gradualmente en la vertical a la Fm Belsúe - Atarés.

En el ámbito del mapa 1:5.000, la Formación Arguis está caracterizada por la predominancia litológica de las margas, dispuestas en grandes paquetes de decenas de metros casi homogéneos, con solo algunas pasadas de limos y con ausencia de microfósiles. Solo la parte baja presenta algunas intercalaciones de limos, con lo que el contacto basal es neto. En la unidad cabalgante el límite basal corresponde a un nivel de ferruginización. El techo de la unidad es transicional a los limos y areniscas de la unidad Belsúe - Atarés (12). Su espesor es de unos 250 m con algunas variaciones significativas. El ambiente sedimentario correspondería a una plataforma marina margosa. La presencia de foraminíferos bentónicos y planctónicos

en áreas cercanas, descritas por Canudo (1990) indica el carácter marino abierto y una profundidad considerable.

En el flanco sur de la unidad cabalgante, el límite de las Margas de Arguis con los materiales continentales de la Formación Uncastillo y sus equivalentes brechoides en los Mallos es un contacto neto y erosivo, con pequeños despegues cabalgantes. En los alrededores del cauce del río Gállego se observa bien este pequeño despegue con plano de fractura inclinado 65° al norte, que pone en contacto las margas con las areniscas de Uncastillo inferior (15). Estas areniscas son equivalentes laterales de los conglomerados y brechas de los Mallos o Mallos inferior (14) que presentan un contacto neto y erosivo sobre las margas, completamente verticalizado.

Debemos citar como característica importante de las margas de Arguis su comportamiento como roca incompetente. Está excavada profusamente en los valles y muy recubierta de depósitos cuaternarios en general. Destaquemos asimismo las frecuentes avalanchas de rocas y deslizamientos que tienen como nivel de despegue a esta unidad. Obsérvese la foto 5.13, localizada en el margen izquierdo del río Gállego con multitud de bloques de la caliza de Guara volcados sobre la ladera.

La edad Bartonense de las margas de Arguis y su equivalente al norte del sinclinal del Guarga, las margas de Pamplona, es conocida sobradamente en la literatura (Puigdefabregas, 1975). El carácter de gran transgresión marina de estos sedimentos adquiere carácter de fenómeno geológico de primera magnitud (la transgresión "biarritziense" de los

autores clásicos) teniendo en cuenta a otras formaciones similares en cuanto a composición y posición cronoestratigráfica como son las margas de Vic, margas de Oliana y las margas de Igualada.

#### **5.2.5.- Eoceno Medio- Superior.**

La formación Belsúe - Atarés de Puigdefábregas (1972) incluye, en el sinclinatorio del Guarga, a los sedimentos de tipo deltaico situados a techo de las margas de Arguis. Un estudio detallado nos permite ver que existen equivalentes deltaicos de sedimentos marinos del Luteciense, Bartonense y Priabonense. Estudios recientes de Serra-Kiel *et al.* (no publicado) proponen para los sedimentos marinos margosos más altos una edad exclusivamente Bartonense, con lo cual todos los materiales altos de esta unidad corresponderían al Eoceno medio. Atendiendo a los numerosos autores que han descrito los materiales del tránsito marino continental del área cartografiada como de edad Priabonense, hemos mantenido la proposición de edad Bartonense- Priabonense. Las areniscas de Liédena o las facies arenosas que tradicionalmente han sido consideradas como posibles equivalentes laterales de la cuenca potásica de Navarra, no aparecen en ningún punto de la zona estudiada.

En el trabajo de Puigdefábregas (1972) sobre la cuenca molásica de Jaca se describe como estos sedimentos deltaicos presentan dos asociaciones litológicas destacables. La mayor parte de la unidad esta representada por cuerpos arenosos con morfología lobular de gran escala y con frecuentes intercalaciones de limos y margas grises. Pero es destacable la presencia

de calizas bioclásticas pararrecifales, con abundantes corales y algas rodofíceas, acompañadas de otros fósiles, que dan lugar a capas de gran continuidad lateral de calizas, margocalizas y arenas bioclásticas, alternado con margas. Estas intercalaciones pararrecifales son siempre locales y pasan lateralmente a facies prodeltaicas o a margas.

En la zona cartografiada las facies arenosas y de calizas pararrecifales se sitúan siempre a techo de las margas y presentan variaciones laterales notables.

#### **5.2.5.1.- Calizas micríticas y de algas rodofíceas (11).**

Son capas de caliza, margocaliza y caliza arenosa de 2 a 8 m de espesor. Su continuidad lateral se deduce de los pequeños afloramientos del flanco sur y de algunos mayores en el flanco norte de la unidad cabalgada. No aparecen en la unidad cabalgante del área cartografiada, pero si están presentes en el flanco norte, cerca de la orilla derecha del embalse de la Peña, donde presentan un carácter discontinuo de pequeños niveles pararrecifales.

Su composición textural es fundamentalmente de micritas, con algunas pasadas de packstones y grainstones de bioclastos entre los que destacan algas rodofíceas, y fragmentos de gasterópodos y bivalvos de concha fina. Localmente se observan miliólidos y pequeños macroforaminíferos inclasificables. La proporción de lutita o arena en la caliza es variable y localmente se puede considerar una pequeña bioconstrucción algal.

Morfológicamente se comporta como una barra competente, contrastada con la incompetencia de las margas de Arguis, como puede verse en la foto 5.11.

Su edad no puede concretarse con las observaciones de la zona cartografiada pero es considerada como Bartonense- Priabonense.

#### **5.2.5.2.- Areniscas, limos y margas grises (12).**

Los grandes lóbulos deltaicos con secuencias grano y estratocrecientes que se observan en los alrededores del embalse de la Peña, al norte del área cartografiada, no están presentes en la zona del mapa 1:5.000. Se observan parcialmente junto a la carretera, en algún punto de la vía del tren y en pequeños afloramientos de las laderas. Suelen estar muy recubiertos por derrubios cuaternarios.

Junto a la carretera (foto 5.14) se observa un conjunto de capas de 0.5 a 2 m de limos y areniscas con pequeñas secuencias granocrecientes, separadas por capas de 1 a 3 m de margas o lutitas grises. Localmente las areniscas tienen a techo algún pequeño nivel de acumulación de bioclastos de moluscos. En este punto la unidad no tiene más de 20 m de espesor y se dispone claramente sobre las calizas de la unidad 11, con un límite inferior neto. El límite superior es neto con la base erosiva de la unidad 13.

Junto a la vía del tren observamos que existen dos tramos de areniscas de aspecto más masivo y con ligera tendencia granocreciente. El inferior tiene

unos 6 m de espesor y un contacto poco neto con las calizas de la unidad 11. El superior tiene unos 10 m de espesor y no muestra una tendencia secuencial clara presentando límites netos a base y techo.

En los pequeños afloramientos observables en la foto 5.11 y situados al límite del área cartografiada, la tendencia secuencial es también poco clara. La conclusión es que estamos en una situación marginal de la cuenca, donde la unidad solo está representada parcialmente y no se desarrollan lóbulos deltaicos importantes.

Debemos citar en este punto la ausencia de facies transicionales comparables a la Formación Areniscas de Liédena. Muy probablemente la base erosiva de las areniscas de Uncastillo corta los equivalentes laterales de dicha unidad o existe un hiato en el que no se depositaron.

#### **5.2.6.- Eoceno-Oligoceno.**

Desde finales del Eoceno y durante todo el Oligoceno, la cuenca surpirenaica presenta únicamente materiales continentales, representados por abanicos aluviales o por facies fluviales asociadas. El sinclinorio del Guarga se rellenó con un importante espesor de materiales fluviales descritos como Grupo Campodarbe. En el área de alimentación de dichos sistemas se acumulan los conglomerados de Oroel y San Juan de la Peña, que constituyen las molasas pirenaicas de la cuenca de Jaca, tal como describe Puigdefábregas (1975). Este relleno sedimentario coincide con el inicio del emplazamiento de las Sierras Exteriores, que comienzan a



constituir una barrera y que inducen a que los ríos se desviarán en dirección oeste como indican las paleocorrientes de los canales. Los conglomerados citados tienen abundantes clastos de rocas paleozoicas, que asimismo están presentes en las facies fluviales de la formación Campodarbe.

Dicha formación es dividida en litofacies según su composición y características sedimentológicas, alcanza un espesor aproximado de unos 500 m en la parte central del sinclinorio y se acuña hacia las Sierras en varias discordancias. A lo largo de la carretera N-22 al norte del embalse de la Peña aflora de manera excelente.

Su edad exacta es difícil de precisar puesto que hasta el momento no se han descrito niveles fosilíferos de importancia. Asimismo la heterocronía de las diferentes facies sedimentarias, con pasos laterales frecuentes, dificulta una estratigrafía de detalle que permita correlacionar los afloramientos del sinclinorio con los materiales de la formación Campodarbe que afloran en las estructuras del corte del río Gállego. Su edad es Oligoceno inferior establecida por paleomagnetismo (Hogan, 1993; Hogan y Burbank, 1996).

**5.2.6.1.-** Canales de areniscas, limos y lutitas ocre y rojas. Fm Campodarbe (13).

Es un conjunto de canales de areniscas finas y medias, de espesores entre 1 y 4 m y de 10 a 100 m de longitud, con algunas paleocorrientes hacia el

oeste. Presentan localmente estratificación interna cruzada de bajo ángulo, y cicatrices de canales amalgamados. Están intercalados en un conjunto de capas de limos y arcillas ocres o rojas, localmente con decoloraciones grises debidas a acción edáfica. Son facies fluviales distales de ríos anastomosados, probablemente en una zona marginal de la cuenca en la que las avenidas son muy esporádicas.

En la zona cartografiada, la formación Campodarbe aflora únicamente en la unidad cabalgada, donde forma un sinclinal invertido, muy asimétrico puesto que el espesor de materiales en el flanco Norte es de 220 m y en el flanco Sur solo de 70 m. El límite inferior en ambos flancos es neto sobre las calizas o las areniscas de la Formación Belsúe - Atarés, donde el contacto presenta de manera local una pequeña brecha centimétrica con fragmentos de calizas. Este límite es erosivo y corresponde a una superficie erosiva importante, que desmantela probablemente una parte de la serie. Es razonable pensar que no estamos en los equivalentes laterales de la parte inferior de la Fm Campodarbe del embalse de la Peña sino en un tramo más alto.

La disposición en el núcleo plegado de una unidad cabalgada no nos permite ver el límite superior de la unidad.

#### **5.2.7.- Oligoceno-Mioceno.**

Los materiales del frente de Sierras Exteriores se caracterizan por ser coetáneos con su emplazamiento final. Se trata de un conjunto de

materiales continentales, que proceden fundamentalmente del desmantelamiento de las propias sierras. Se identifican en una serie de abanicos aluviales y conos de deyección de pequeño radio que desembocan en la llanura del pie de las sierras y que constituye el margen norte de la Cuenca del Ebro. Estos abanicos pasan de manera muy rápida de pendientes importantes a pendientes muy bajas y esto condiciona que el material este muy seleccionado, con paso gradual muy rápido de facies conglomeráticas a facies arenosas y a canales de areniscas dispersos en una serie arcillosa.

La foto 5.15 expresa de manera grafica este paso lateral en los taludes de la vía del tren al oeste de la Peña Fire, con paso de conglomerados a areniscas en 200 m.

Existe en el área estudiada un notable contraste litológico en los conglomerados y brechas que constituyen los Mallos y que ha permitido subdividir el conjunto en dos partes, unos Mallos inferiores con composición de clastos calizos (14) y unos Mallos superiores con clastos de caliza y arenisca (16). Asimismo sus facies distales arenosas, caracterizadas como formación Uncastillo también se pueden subdividir en una unidad Uncastillo inferior (15) y una Uncastillo superior (17).

La formación Uncastillo de Puigdefabregas (1972) presenta mas al oeste una composición diversa, con aportaciones pirenaicas de clastos de rocas paleozoicas, pero en este punto de las Sierras Exteriores su composición es exclusivamente de material desmantelado de las Sierras, es decir, calizas

triásicas, cretácicas y del Eoceno medio así como las areniscas del Cretácico, y Eoceno.

Debemos destacar asimismo el carácter casi subhorizontal que presentan los materiales de la formación Uncastillo desde las inmediaciones del frente montañoso. Los materiales que están en contacto con el frente están deformados, plegados o verticalizados pero con unos pocos pliegues pasan a estar en posición horizontal. Esta distancia entre el límite de los materiales deformados de la Sierras y la zona no deformada se puede cuantificar y corresponde a unos 700 m en las inmediaciones de Riglos, unos 800 m al sur de la ladera de la Raya; unos 700 al sur del frente en Punta Común y unos 500 m al sur de Agüero.

**5.2.7.1.-** Conglomerados y brechas con clastos de calizas, muy heterométricos y poco redondeados. Mallos inferiores. (14).

Es un conjunto masivo de conglomerados y brechas con los cantos de caliza y fundamentalmente de clastos de la caliza de alveolinas de la unidad Guara Media. El conjunto es muy heterométrico con clastos desde 1 o 2 cm hasta 50 cm de diámetro.

La heterogeneidad dificulta la observación de la estructura interna que esta formada por múltiples bases erosivas de canales amalgamados y que se ponen en evidencia por la alineación de bandas de clastos de mayor tamaño. Se distribuye formando la franja estratigráficamente inferior de los mallos en continuidad desde la ladera de la Raya hasta San Felices, en

posición vertical o invertida, de manera coherente al frente de las calizas o de las margas de Arguis. También se localiza en las inmediaciones de la iglesia de la localidad de Riglos y hacia el este en el frente de los mallos.

Pasa lateralmente a facies arenosas de un modo rápido en dos puntos, el citado de la localidad de San Felices, al oeste de Agüero, y en las inmediaciones de la ladera de la Raya, objeto principal del estudio. En la ladera de la Raya este paso lateral está muy recubierto de Cuaternario (coluvión con grandes bloques) con lo cual solo aflora parcialmente en las faldas del mallo de Peña Ruaba. En las proximidades del río Gállego ya ha pasado a las facies arenosas de la unidad Uncastillo inferior.

El las laderas sur de Punta Común, en el extremo oriental del mapa, presenta una potencia de unos 200 m, sin cambios significativos de facies en toda su distribución. Bajo Peña Ruaba, se puede dividir en dos subunidades ligeramente discordantes entre ellas puesto que la inferior esta ligeramente plegada y la superior no muestra los pliegues y tiene una base claramente erosiva.

El paso lateral de facies brechoides a facies arenosas será probablemente muy irregular y con diferentes pequeños picos progradantes, tal como se observa en la pista de acceso a San Felices.

La Edad se atribuye al Oligoceno – Mioceno, por comparación con otras áreas de Sierras Exteriores, donde la Edad miocena se confirma para la parte media y alta de la serie de Mallos. El ambiente sedimentario correspondería a abanicos aluviales y conos de deyección. El cambio de facies tan rápido de brechas y conglomerados muy poco rodados a

areniscas con canales dispersos indica un cambio de pendiente muy brusco entre el ápice del cono y la llanura sobre la que desemboca.

#### **5.2.7.2.- Areniscas en canales amalgamados y lutitas. Uncastillo inferior (15).**

La unidad Uncastillo inferior esta formada por dos litofacies fundamentales. La primera consiste en unas areniscas masivas de tamaño de grano medio y grueso con abundantes intercalaciones de clastos angulosos de caliza que coinciden con bases erosivas. La segunda es una serie de canales y capas de areniscas y limos entre una serie de lutitas marrones o rojas.

La primera litofacies se sitúa en la base de la unidad y ocupa una parte importante del margen izquierdo del río Gállego, donde está ligeramente cabalgado por las margas de Arguis y donde se observa un sinclinal y un anticlinal. Presenta un espesor de unos 150 m y destaca asimismo la presencia de clastos de arenisca de la misma unidad Uncastillo resedimentados.

La segunda litofacies se localiza fundamentalmente en la parte media y alta de la unidad y ocupa buena parte del sustrato de la ladera de la Raya. Presenta grandes canales amalgamados de areniscas de tamaño de grano muy homogéneo con areniscas finas y medias, intercaladas en una serie de lutitas ocre, marrones y rojas. Los canales pueden tener un total acumulado de hasta 8 m de espesor y se deduce que pasan lateralmente a limos y arcillas en decenas de metros. Su potencia estimada seria de unos

150 m. Debemos destacar asimismo que la litofacies de areniscas intercaladas entre margas está presente en la base de la unidad justo bajo el farallón de Peña Ruaba, en el extremo noroccidental de la ladera de la Raya. En este punto se observan canales de arenisca fina y media de hasta 2 m de espesor entre un conjunto de arenas finas, limos y arcillas ocre y grises con bioturbaciones. Su pertenencia a la unidad Uncastillo inferior está verificada por la presencia de pasadas de microbrechas de clastos de caliza muy angulosos, típico de esta unidad.

El límite entre areniscas y conglomerados es transicional a gran escala, con un cambio rápido de facies debido al brusco cambio de pendiente. Puede observarse en la pista forestal que conduce a la localidad de San Felices, al oeste de la zona cartografiada y muestra como el paso lateral refleja una serie de bruscas progradaciones o agradaciones que describen picos de conglomerados dentro de las facies arenosas con bases erosivas netas. Esto confiere al conjunto una falsa apariencia de que el límite entre conglomerados y areniscas sea neto y planar, cuando en realidad solo lo es localmente. En la ladera de la Raya, el afloramiento parcial de esta unidad, debido al potente coluvión con bloques, da una falsa apariencia de contacto neto entre areniscas y conglomerados.

Se constata que al igual que en los mallos inferiores, en las areniscas de Uncastillo inferior los clastos, son mayoritariamente de calizas de Guara o de calizas cretácicas de procedencia local. Esto nos permite proponer como límite superior de la unidad 15 el situado cerca del punto kilométrico 22.222 de la carretera, y representado en la foto 5.18, donde se observa un gran canal de areniscas formado por amalgamación de pequeños canales y

que presenta acumulación de clastos de caliza en las bases de las superficies erosivas o “lag deposits”.

Insistimos en este punto en la morfología de gruesos canales arenosos formados por amalgamación de canales menores. Esta particularidad confiere a la geometría de los cuerpos arenosos una variabilidad muy importante, con geometrías variables al azar. De ello se deriva que los afloramientos visibles presenten el aspecto engañoso de grandes capas competentes de arenisca, cuando en realidad son canales y no tienen una continuidad lateral mayor de decenas de metros.

**5.2.7.3.-** Conglomerados de cantos de calizas y areniscas. Mallos superiores. (16).

Forman el gran volumen de materiales brechoides y conglomeráticos del edificio de los mallos, del que constituyen aproximadamente un 80%.

Representan a un largo lapso de tiempo en el cual se ha producido el emplazamiento final de las Sierras Exteriores y su desmantelamiento intenso. Su disposición indica la presencia de numerosas superficies erosivas internas que describen una discordancia progresiva.

Están formados de grandes paquetes de decenas de metros de espesor de brechas y conglomerados heterogéneos y heterométricos de aspecto masivo. Un análisis mas detallado sobre el mapa y sobre el paisaje, nos permite ver que se trata de un conjunto de canales amalgamados y que su disposición indica la posición de múltiples conos aluviales y de deyección



de los cuales se conservan los ápices. También se observa que la parte preservada como Mallo correspondía al cuerpo principal del cono aluvial conglomerático y que las paredes sur de cada mallo indican ya la presencia de abundantes areniscas y lutitas intercaladas entre los canales, como puede verse en la foto 5.19. Esto indica que la parte desmoronada y erosionada del mallo tenía ya una composición diferente con abundante proporción de materiales finos y más incompetentes.

Como puede verse en la foto 5.20 el tamaño de los clastos es muy variable y no existe una selección por diámetros. De todos modos si se observan en las bases erosivas de canales mayor proporción de los clastos de mayor tamaño, que localmente muestran imbricaciones. Estas imbricaciones muestran paleocorrientes al sur, pero también de modo local direcciones hacia el oeste. Los diámetros de los clastos varían entre los pocos cm y 1 m como tamaño excepcional. Los bordes suelen estar poco rodados e incluso muy angulosos, y se observa una clara gradación de norte a sur en sentido distal, en la que a mayor distancia del ápice del abanico los clastos están mas rodados y su tamaño es menor.

El grado de cementación es muy variable y podemos tener desde conglomerados muy bien cementados por carbonato cálcico a otros que conservan abundante arcilla en la matriz y cementación deficiente e incluso a conglomerados con porosidad evidente. Estas características confieren a la roca aspectos muy diferentes, como puede verse en la foto 5.20.

Debemos referirnos nuevamente al tránsito rápido entre los conglomerados y brechas y las facies arenosas. En la unidad de los mallos superiores este tránsito puede observarse bastante bien fuera de la zona cartografiada y en diversos puntos de los alrededores de la localidad de Agüero. La disposición de los afloramientos en la ladera de la Raya indica claramente que este tránsito rápido entre conglomerados y facies arenosas se localiza debajo del depósito cuaternario de coluvión con grandes bloques que ocupa la ladera. Destaquemos también que parcialmente este tránsito se ve muy bien en la vía del tren, donde se pasa de conglomerado masivo a areniscas en 200 m. Este afloramiento puede verse en la foto 5.15.

Debemos referirnos también a las numerosas superficies erosivas internas de los Mallos superiores, que representan en realidad a una discordancia progresiva. Como puede verse en la foto 5.17 que ilustra el corte publicado por Millán *et al.* (1999). El avance del frente montañoso se va ralentizando y la deformación sincrónica de los abanicos aluviales del frente es por tanto cada vez menor. Esto se refleja en pliegues atenuados y en discordancias internas. La situación clara de angularidad con buzamientos cada vez más suaves se observa perfectamente en las fotos 5.14, 5.16, 5.17, 5.18 y 5.21.

Se atribuyen al Oligoceno superior - Mioceno por correlación con los yacimientos de micromamíferos descritos más al este en materiales similares y por la magnetoestratigrafía del corte de Agüero realizada por Hogan y Burbank (1996).

Recordemos nuevamente que la distribución de los mallos indica claramente la situación de los pequeños abanicos aluviales y conos de deyección. Dicha posición espacial se ha mantenido durante un largo período de tiempo, mientras el frente montañoso va ganando altura, originando la acumulación vertical de las facies proximales del cono. Es esta disposición la que condiciona durante el encajamiento de la red fluvial de finales del Mioceno hasta la actualidad que la erosión desgaste intensamente los materiales más finos dejando como relictos a los torreones de los Mallos.

Alrededor de las paredes de los mallos el encajamiento progresivo de la red fluvial y sus laderas asociadas incorporan de manera muy abundante los materiales procedentes del desgaste de los mismos, formando potentes coluviones repletos de los clastos sueltos y de bloques de conglomerados de todos los tamaños. La ladera de la Raya es un claro ejemplo con bloques de conglomerado de incluso 50 m de diámetro. Los torrentes actuales se encajan también sobre el coluvión y permiten ver que en algunos puntos tiene no menos de 20 m de espesor. La presencia de estos bloques que se podrían describir casi como “olistones” puede confundir fácilmente sobre la distribución de los conglomerados en el sustrato. En el mapa, se ha optado por interpretar casi todos los afloramientos de la ladera de la Raya como bloques después de analizar la disposición estructural de las diferentes unidades en varios cortes a lo largo del frente de las Sierras desde San Felices hasta Riglos.

#### **5.2.7.4.- Lutitas, limos y areniscas. Formación Uncastillo superior. (5 Ma).**

Esta dispuesto en un conjunto irregular de lutitas rojizas, marrones y ocre, con alguna pasada de lutitas grises, con intercalaciones de limos y canales de areniscas de tamaños muy variables. Las lutitas forman capas de espesor variable que aumentan notablemente de potencia hacia el sur. Suelen presentar niveles con bioturbación por raíces y frecuentes pasadas de limos. Los canales son de morfología muy variable y están formados siempre por amalgamación de canales de orden menor.

La amalgamación puede dar lugar a grandes cuerpos canaliformes de incluso 10 m de espesor y con una continuidad lateral en sentido este – oeste de decenas de metros. Son mas abundantes al norte, cerca del cambio de facies que corresponde al paso lateral de los mallos a la Fm Uncastillo. Las cicatrices internas de las bases erosivas de canales no sons siempre fácilmente visibles y suelen contrastar en aquellos cuerpos que han estado intensamente meteorizados. Suelen ser frecuentes las laminaciones cruzadas de gran ángulo y pequeña escala y las marcas de base indicando acanaladuras. Estas últimas permiten medir paleocorrientes de la base de los canales e indican que los aportes se dirigen hacia el sur fundamentalmente, con especial significado a la presencia esporádica de acanaladuras en sentido este- oeste. Estas últimas indican que en algunos momentos los canales son desviados en dirección perpendicular a la habitual y sugiere que la deformación de la unidad por el frente de las Sierras Exteriores es activa.

El pliegue lento y progresivo del ápice de los abanicos que suministran material a la Fm Uncastillo provoca en la zona estudiada un gran sinclinal cuyo flanco norte está verticalizado y localmente invertido y cuyo flanco sur está casi horizontal (ver foto 5.23 y 5.24). Es posible que este plegamiento lento sea asimismo responsable de las irregularidades de los canales, que en ocasiones se disponen formando ángulos entre ellos. La geometría final de cada canal es compleja debido al carácter de cuerpo formado por amalgamación de otros canales menores y por una base que se deforma lentamente, variando continuamente la que debería ser la pendiente sedimentaria de equilibrio.

La distribución de los buzamientos sobre el mapa indica también la variabilidad de este medio sedimentario. En algunas zonas destaca la aparente contradicción entre la traza cartográfica de las líneas de capa y la expresión numérica de su buzamiento. Esta se explica por el hecho de que la superficie con mejor exposición en superficie es la base erosiva de cada canal y esta superficie tiene siempre un ángulo con respecto al techo del canal que sería la superficie idónea para la medida. En el mismo sentido estas bases erosivas acanaladas pueden exagerar la medida del buzamiento invertido de muchos canales.

Al sur de Peña Ruaba, se observa una progradación de las facies conglomeráticas. De la continuación cartográfica de esta progradación se representa el paso lateral a facies arenosas. Este paso presenta abundantes canales de conglomerados y areniscas, de un espesor de 1 a 3 m. La estructura interna de estos tramos más conglomeráticos es comparable a la de los canales arenosos, con múltiples cicatrices erosivas internas

amalgamadas, algunas laminaciones cruzadas y abundantes marcas de base. Se pueden observar perfectamente a lo largo del sendero que conduce a la ladera de la Raya desde Murillo de Gállego, zona de la que procede la foto 5.24 a y b.

El medio sedimentario, como hemos mencionado repetidamente, es el de un abanico aluvial medio y distal, con ríos trenzados, probablemente de carácter episódico. La edad sería casi con toda probabilidad Mioceno inferior para toda la unidad.

#### **5.2.8.- Cuaternario.**

En el mapa geológico se ha intentado representar de manera bastante estricta los depósitos cuaternarios, centrándose en aquellos que presentan un espesor mayor de 30 cm. Se han discriminado algunos de ellos, tanto en extensión cartográfica, como en su identificación, en función de representar la unidad estratigráfica del sustrato; alguno de los límites estratigráfico visibles parcialmente; y siempre con el objetivo de mejorar la lectura y comprensión del mapa geológico. Un mapa geomorfológico convencional que represente unidades mixtas de depósito y forma tendría muy probablemente los límites de las unidades diferentes, más extensos y también mayor número de unidades.

Es evidente que la zona estudiada ha sufrido un intenso desgaste por meteorización química y física, que origina grandes acumulaciones de derrubios en las laderas. Es destacable igualmente el contraste marcado

entre la Sierra y el Somontano, puesto que una vez atravesada la zona montañosa, los ríos y especialmente el Gállego han excavado amplios cauces dejando un cortejo de terrazas fluviales impresionante.

La personalidad del río Gállego y su área fuente caracteriza las terrazas fluviales cuaternarias con una composición de clastos entre los que destacan fundamentalmente tres litologías muy características, los granitos, las rocas volcánicas de tipo andesítico y los materiales terrígenos rojos del Permo-Trias.

Debemos destacar a este respecto los trabajos previos del Cuaternario del Somontano de Huesca, en particular el trabajo de Benito (1985, 1986, 1989) y las hojas geológicas de la serie Magna.

#### **5.2.8.1.- Grandes masas de coluviones con bloques (18).**

Debemos hacer especial atención a la descripción de las masas de coluviones con bloques de esta zona de las Sierras Exteriores, debido a su extensión, potencia y morfología. El objetivo fundamental del estudio es la caracterización de la ladera de la Raya que esta ocupada por uno de estos depósitos.

Se extienden ampliamente por las laderas de la Sierra, a favor de pendientes pronunciadas y de situaciones en las que se ha producido una meteorización intensa de las rocas del substrato que ha suministrado una abundante masa de rocas disgregadas. Como depósito se caracterizan por

abundantes clastos y bloques mezclados con una matriz arenosa y arcillosa sin ordenación interna y sin cementación. No existe ninguna ordenación en los clastos ni clasificación por tamaños; sus dimensiones varían desde los pocos centímetros a varios metros. Dentro de este depósito se identifican algunos deslizamientos, que han sido degradados y que en la actualidad no se pueden identificar con exactitud ni delimitar, por lo que no han sido individualizados a excepción de los más recientes que preservan su morfología de forma clara. En las laderas de orientación al norte en las cercanías de Punta Común, se identifican algunos deslizamientos antiguos por la disposición de las rocas del Cretácico y Eoceno, pero el depósito presenta continuidad morfológica con la unidad 18 que recubre casi toda la ladera hasta el río.

Presenta como característica importante la morfología de depósito no regulado; su superficie topográfica tiene siempre numerosas irregularidades en forma de pequeños crestones y pequeñas depresiones que recuerdan vagamente a cicatrices superiores de deslizamiento. Si presenta grandes bloques de dimensiones superiores a los 10 m estos suelen estar distribuidos en franjas irregulares que recuerdan vagamente a los derrubios acumulados en el pie de un deslizamiento.

Asimismo son frecuentes los falsos rellanos, que corresponden a rupturas de pendiente ligeras y que podrían igualmente corresponder a pseudo-deslizamientos muy degradados. Asimismo se estima que es muy posible que parte de la ladera se mueva lentamente en fenómenos más parecidos a las solifluxiones que a los deslizamientos.



Una característica general en estos depósitos es que se adaptan a la morfología de la ladera, y pueden rellenar valles o tapizar laderas extensas, como puede verse en la cartografía y en las foto 5.25, 5.26 y 5.27. Su grado de degradación es en general bastante alto pero se mantienen sus características litológicas.

Esta particularidad induce a interpretarlo como depósitos muy antiguos, retocados y constantemente reciclados. Es probable que la evolución de la ladera en estos puntos a lo largo de todo el Cuaternario implique un lento movimiento de estos depósitos. Este lento movimiento incorpora poco a poco a fragmentos del substrato rocoso meteorizado. Este proceso permite tapizar literalmente la ladera a medida que se encajan las diferentes terrazas. La cartografía a escala 1:5.000 nos permite afirmar que las grandes terrazas no se encuentran nunca en la base de depósitos QcoB y esto se podría interpretar como un síntoma de la inestabilidad de la ladera que alberga esta unidad.

#### **5.2.8.2.- Abanicos aluviales – coluviales altos. Antiguas glaciés degradados (19).**

Se trata de una serie de depósitos muy característicos del Somontano de las Sierras Exteriores. Están formados de material disgregado de las sierras y presentan una morfología de abanico conservada parcialmente en función de su grado de erosión. Su composición es de clastos angulosos de tamaños variables desde los pocos centímetros hasta los 30 o 40 cm. En los ápices de los abanicos pueden verse bloques de hasta 1 m pero decrece

rápidamente el tamaño al alejarse de este. La proporción de matriz es variable y esta formada por arenas, limos y arcillas rojizas sin seleccionar. No se han observado clastos de granito ni de rocas del Permo-Trias.

Han sido agrupados en un solo epígrafe en el mapa 1:5.000 porque solo ocupan áreas pequeñas y para su caracterización estricta deberíamos recurrir a un mapa de mayor escala.

Se pueden describir como depósitos de laderas reguladas, puesto que en muchas ocasiones se observa una gradación vertical clara con grandes bloques en la base y canchales subactuales o antiguos a techo. Los restos de canchales antiguos con depósitos de tipo “grez litée” son observables en algunos puntos, como junto a la vía del tren como ya se ha mencionado.

#### **5.2.8.3.- Acumulación de cantos rodados. Terraza T5 (20).**

Esta representada en el mapa por áreas muy pequeñas, localizadas sobre la ladera por encima de la terraza T4. Presenta un espesor de 2 a 4 m de clastos muy rodados con presencia de granitos, andesitas y rocas permo-triásicas. El tamaño medio de los clastos es de 5 a 10 cm y el tamaño máximo es de 50 cm.

Se localiza a una media de 60 m sobre el cauce actual del río Gállego. Y solo presenta tres pequeños afloramientos al sur-oeste de Riglos. Mas al sur y en las cercanías del cruce de la carretera que lleva a Riglos, esta terraza presenta ya amplios rellanos morfológicos.

#### **5.2.8.4.- Acumulación de cantos rodados, arenas, limos y arcillas. Terraza T4 (21).**

La terraza T4 es la de mayor extensión en el área estudiada. Da lugar a un amplio llano a unos 40 o 45 m de altura sobre el cauce actual del río Gállego y ocupa extensiones de varios kilómetros cuadrados. En la composición de sus clastos destaca la presencia muy abundante de granitoides, rocas de tipo andesítico y rocas terrígenas o conglomeráticas rojizas del Permo- Trias. El tamaño de los clastos es muy variable, con una media que varía de los 5 a los 15 cm y unos tamaños máximos que alcanzan localmente el metro de diámetro. En numerosos puntos presenta una secuencia clara granodecreciente, con una base de clastos de hasta 4 m de espesor y un tránsito brusco a facies finas de areniscas, limos y arcillas con pasadas de pequeños clastos de hasta 3 m de espesor. Estas facies finas están siempre relacionadas con la proximidad de afluentes del antiguo Gállego que transportan material erosionado de la Fm Uncastillo. En las cercanías del frente montañoso de las Sierras Exteriores se incorporan a esta terraza grandes cantos rodados de las calizas de las sierras, e incluso de los conglomerados y brechas de los Mallos.

El lecho de cantos rodados presenta a menudo múltiples cicatrices de bases acanaladas amalgamadas, que destacan por la selección granodecreciente del tamaño de los clastos. Exceptuando la ladera de la Raya y sus análogas en el margen izquierdo del río Gállego, la distribución de la terraza T4 es persistente, incluso dentro del dominio de las Sierras, adosado a las laderas morfológicas de la unidad cabalgada.

#### **5.2.8.5.- Depósitos de glacis y de ladera relacionados con la terraza T4 (22).**

Es un conjunto irregular de arenas, limos, arcillas y clastos angulosos que enlazan la ladera con el rellano de la terraza T4. Localmente su morfología corresponde a un glacis típico, con pendientes regulares y muy suaves, pero en muchos puntos es simplemente un depósito coluvial de ladera o un antiguo glacis muy degradado. Ocupa extensiones bastante grandes al sur del frente montañoso. Suelen estar muy cultivados y por lo tanto antropizados. Muchos pequeños retazos han sido eliminados del mapa geológico por su escasa relevancia.

#### **5.2.8.6.- Pequeñas acumulaciones de cantos rodados (23).**

Se trata de pequeños rellanos encajados en la cercanía del cauce actual del río Gállego, y claramente excavados por debajo de la terraza T4. Se observan hasta dos niveles, situados a 30 y 35 m de altura del cauce actual y con rellanos morfológicos de pequeña entidad. Esta formado por una acumulación de cantos de entre 2 y 4 m con abundantes clastos del Paleozoico similares a los descritos para la terraza T4 pero con tamaños mucho menores. El encajamiento de estos depósitos en el área estudiada nos condiciona a no diferenciar sus pequeños depósitos de ladera asociados y que estos se incluyan en un depósito genérico de materiales coluviales como unidad 29.

#### **5.2.8.7.- Pequeñas acumulaciones de cantos rodados (24).**

Se trata de manera análoga a los depósitos QT3 de pequeñas acumulaciones de cantos rodados que describen pequeños rellanos en posición muy cercana al cauce actual del río y encajados bajo el rellano de la QT4. Se observan a una altura de 15 a 20 m sobre el cauce actual del río Gállego y tienen un espesor de 2 a 4 m con cantos muy rodados y con abundantes clastos de rocas paleozoicas. Tiene pequeños depósitos de ladera que no han sido diferenciados como asociados a la terraza por su pequeña entidad (29).

#### **5.2.8.8.- Acumulaciones de cantos rodados, areniscas o limos (25).**

Son los depósitos ligados al cauce actual y que están situados entre 5 y 1 m más altos que el cauce actual del río Gállego. En algunos casos son depósitos de crecida subactuales. Abarcan desde pequeños conos de deyección a microterrazas, barras abandonadas y acumulaciones de bloques caídos de la ladera y lavados por las crecidas del río.

En algún punto de la cartografía se ha identificado la composición de los grandes bloques que contienen estos depósitos para su interpretación de conjunto, relacionada fundamentalmente con los deslizamientos.

#### **5.2.8.9.- Depósitos sub-actuales de fondo de torrente (26).**

Se ha creado este epígrafe en función de representar los depósitos de los fondos de torrente, con una amplia gama de acumulaciones de arenas, limos, arcillas y clastos angulosos o rodados dependiendo del material que atraviese el torrente. Pueden llegar a presentar espesores de hasta 8 m limos y arcillas con clastos angulosos dispersos en algunos torrentes que drenan el frente de los mallos o la Fm Uncastillo cercana al frente montañoso y se nutren del abundante material disgregado que genera la meteorización y que solo se transporta en las crecidas torrenciales.

#### **5.2.8.10.- Derrubios de ladera (deslizamientos recientes) (27).**

Se han agrupado bajo este epígrafe, tanto caída masivas de bloques por desprendimientos de laderas muy pendientes, como deslizamientos clásicos a favor de arcillas que actúan de base inestable. Nos extenderemos en la descripción de este apartado debido a su significación en la ladera de la Raya. En realidad solo han sido representados como 27 aquellos deslizamientos que preservan los tres elementos clásicos, cicatriz de despegue o caída, canal o ladera de deslizamiento y pie basal de acumulación. Por tanto solo se individualizan deslizamientos muy recientes y poco degradados. La mayoría de posibles deslizamientos antiguos, se localizan dentro del depósito 18 y están tan degradados que es difícil y a veces dudosa su identificación. Los deslizamientos recientes son abundantes en toda el área cartografiada, tanto en las caras este, como oeste y norte de las laderas de la Sierra.

Se ha clasificado como 27 el gran desprendimiento de bloques de calizas de alveolinas que se localiza en el margen izquierdo del río Gállego, cerca del kilómetro 33,33 de la carretera. En este punto las calizas de la unidad Guara Media se disponen invertidas, con buzamientos aproximados de 45° al norte y descansan sobre las margas de Arguis. La facturación por diaclasas y una pequeña falla subhorizontal compartimenta la roca en grandes bloques. La excavación del río desde el episodio equivalente a la terraza T4 que se estima en 40 m ha desestabilizado la capa de calizas que se ha volcado sobre la ladera, como puede verse en la foto 5.30.

Mencionemos aquí también al probable deslizamiento observable desde el punto kilométrico 40,5 a 40,8, que se ilustra con la foto 5.31. En este todo parece indicar que se ha producido un deslizamiento de base irregular a favor de las lutitas de la Fm Uncastillo. Este arrastra a parte de las lutitas, limos y fragmentos de los canales de areniscas de dicha unidad y también a un espesor no determinado de coluvión cuaternario con bloques de conglomerado. Es muy destacable que los bloques de conglomerado del coluvión han sido arrastrados hasta la orilla izquierda del río y que alguno de ellos tiene más de 10 m de diámetro (ver mapas geológicos 1:5.000 y 1:2.000).

#### **5.2.8.11.- Derrubios de pendiente y canchales (28).**

Se describen con este epígrafe a las clásicas canchales y los derrubios de ladera ocasionalmente con bloques y que no están ligados a vertientes reguladas ni ligadas genéticamente a terrazas. Suelen ocupar puntos

concretos de las laderas montañosas con pendientes cercanas o superiores a los 30 °; pero a favor de materiales muy incompetentes como las margas de Arguis, pueden tapizar casi completamente la ladera. Suelen ser siempre depósitos recientes, puesto que los de características similares y de edad antigua son incorporados a otros epígrafes en función de su relación genética, especialmente a los coluviones y glaciais.

#### **5.2.8.12.- Depósitos aluviales- coluviales variados (29).**

Se describen con este epígrafe a los depósitos de materiales heterogéneos de los que no se observa una relación genética clara o su composición o posición en las laderas. Presentan pendientes bajas y se diferencian en aspecto y morfología de los distintos depósitos descritos. En muchos casos podrían considerarse como relictos de de las grandes masas 18, que han quedado aisladas de un conjunto mayor por la evolución morfológica de la ladera. También engloba a otros depósitos antiguos evolucionados por circunstancias locales, como pueden ser asentamientos de vegetación frondosa durante largos periodos de tiempo o antropización por cultivo. También cabe considerar particularidades como presencia de manantiales o inundación estacional, tanto reciente como antigua.



#### **5.2.8.13.- Depósitos antrópicos (30).**

Se ha utilizado esta denominación fundamentalmente, para los grandes terraplenes de la vía del tren. En la ejecución de la obra, se movió ingentes volúmenes de derrubios, que fueron acumulados cerca del punto en el que se originaban. Se usaron como relleno de valles o directamente acumulados en la ladera para la construcción de plataformas artificiales que regularizaban el trazado del ferrocarril. Muchos de ellos proceden de la excavación de los numerosos túneles y de los grandes cortes con terraplenes rocosos.

Se han ignorado los taludes similares de la carretera por considerarlos de escasa importancia y debido a que se localizan fundamentalmente sobre la unidad 18 y se componen del mismo material.