

# HOJA 174 - III (CASEDA)

La presente Hoja y Memoria, ha sido realizado por "Informes y Proyectos, S.A. (INYPSA)", durante el año 1997, con normas, dirección y supervisión del Gobierno de Navarra, habiendo intervenido en ella los siguientes técnicos :

## Dirección y Supervisión (Gobierno de Navarra)

Proyecto	.	Faci Paricio, Esteban	Dirección	del
----------	---	-----------------------	-----------	-----

## Autores y Colaboradores

Memoria	.	López Olmedo, Fabian (INYPSA)	Cartografía	y
Memoria	.	Solé Pont, Javier (INYPSA)	Cartografía	y
		Gil Gil, Javier (INYPSA)	Geotecnia	
		Cabra Gil, Pilar.	Geomorfología	
		Juan Jose Gomez	Sedimentología	
		Alfredo Garcia de Domingo (INYPSA)	Geología regional	
	.	Alberto Diaz de Neira (INYPSA)	Geología regional	



## **0. INTRODUCCION**

La Hoja a escala 1:25.000 de Cáseda (174-III), incluida en la Hoja a escala 1:50.000 de Sangüesa, se localiza al Este de Navarra y corresponde al cuadrante suroccidental de la misma. Desde el punto de vista fisiográfico se encuentra situada fuera ya de la zona surpirenaica, al sur de los relieves de la Sierra de Izco. Abarca un área delimitada por las estribaciones de dicha sierra y por las de la Sierra de San Pedro, quedando en su sector central una zona deprimida por la que discurre y se encaja el río Aragón buscando salida hacia la Depresión del Ebro

El relieve de la Hoja es montañoso aunque alomado y suave en su sector central. Destaca en el sur las elevaciones de la Sierra de San Pedro, con cotas de hasta 899 m en la margen izquierda del Aragón y la de Chuchu Alto con 930 m en su margen derecha ya en las proximidades del puerto de Lerga

El río Aragón constituye la principal arteria fluvial que discurre con dirección NE-SO aunque sus aguas se ven alimentadas de pequeños cursos de pequeña relevancia, generalmente de carácter intermitente

La densidad de población es relativamente baja, si bien en esta zona se localizan pequeñas y numerosas poblaciones como las de Cáseda que da nombre a la Hoja, Ujúe, Lerga, Eslava y Gallipienzo.

La ocupación de la población de la zona son las actividades rurales, principalmente la agricultura y ganadería, al margen una pequeña industria que se localiza en el límite oriental de la cuadrícula. Las vías de comunicación transcurren a lo largo de la zona central de la Hoja, destacando la que desde Aibar discurre en dirección a Tafalla a través del puerto de Lerga y la que desde Sangüesa a través de Cáseda se dirige a Carcastillo accediéndose también a la Cuenca del Ebro

Desde el punto de vista geológico la Hoja se enmarca en las estribaciones más meridionales del Pirineo occidental o Pirineo navarro, en su límite ya con la Cuenca del Ebro. Este es una unidad fisiográfica que forma parte de esa importante cadena montañosa lineal que se extiende desde el Mediterráneo hasta el Cantábrico, estructurada en un cinturón de pliegues y cabalgamientos de orientación aproximada E-O con vergencia meridional y desarrollada desde finales del Cretácico superior y hasta finales del Mioceno inferior como consecuencia de la colisión de las placas ibérica y

europea. La cadena presenta una elevada simetría con respecto a su franja central, denominada Zona Axial en la que afloran los materiales más antiguos, paleozoicos, constituidos por rocas plutónicas y metamórficas, que conforman el zocalo regional. Flanqueando a la Zona Axial se disponen las Zonas Nor y Surpirenaica, constituidas por materiales mesozoicos y cenozoicos que integran la cobertera. Esta última zona cabalga sobre la Depresión del Ebro, que constituye la cuenca de antepaís del orógeno pirenaico y se encuentra rellena por sedimentos neógenos postorogénicos.

A grandes rasgos el Pirineo en el sector estudiado se ha dividido clásicamente según una transversal N-S y de acuerdo a sus características fisiográficas y geológicas en Sierras Interiores y Sierras Exteriores.

Las Sierras Interiores están constituidas por la Zona Axial y una cobertera muy potente mesozoica y paleógena marina imbricada hacia el sur y constituida fundamentalmente por materiales carbonatados y margosos. Las Sierras Exteriores, las más meridionales cabalgan a la Cuenca del Ebro y presentan características estratigráficas similares a las Interiores aunque las series son mucho menos potentes. Entre ambas se desarrolla una importante estructura: el sinclinal de Guarga, constituido por potentes series detríticas paleógenas que sirve como elemento estructural de separación entre ambas unidades.

La Cuenca del Ebro constituye la cuenca de antepaís del orógeno pirenaico. Esta constituida en este sector por un importante acumulo de depósitos continentales, del paleógeno superior y neógeno inferior, de naturaleza detrítica principalmente si bien se reconocen materiales carbonatados y a veces salinos más frecuentes estos últimos en subsuelo

La Hoja objeto de estudio se localiza al sur del Pirineo navarro propiamente dicho. En ella afloran potentes series continentales paleógenas e incluso neógenas en su cuadrante suroccidental. En general estos materiales se encuentran plegados y fracturados dibujando a grandes rasgos una gran estructura anticlinal de dirección E-O fracturada en su núcleo donde como es lógico se localizan los materiales más antiguos. Hacia los sectores más meridionales y en el flanco sur de esta estructura se disponen series más modernas y groseras que constituyen los depósitos de borde la Cuenca del Ebro en este sector.

En general son muy numerosos los trabajos geológicos que existen sobre el Pirineo si bien la mayoría de ellos tienen un carácter regional, correspondiendo la

mayor parte de ellos a tesis doctorales. Tales referencias aparecen en el capítulo correspondiente a la Bibliografía. De todos ellos han sido del máximo interés los trabajos de PUIGDEFABREGAS (1975), LEON (1985), CHAVEZ (1985), CAMARA Y KLIMOWITZ (1985). También resultan interesantes, por los datos que aportan los trabajos específicos relacionados con la exploración de potasas de Navarra elaborados por ROSELL (1983), ADARO (1989) y DEL VALLE (inedito) así como los procedentes de la cartografía y memoria del PLAN MAGNA. (1987) de la Hoja 174 (Sangüesa). Finalmente hay que destacar que la cartografía geológica de la Hoja está basada en la realizada por la DIPUTACION DE NAVARRA. actualizada y puesta al día en base a criterios sedimentarios y estructurales.

## **1. ESTRATIGRAFIA**

### **1.1.TERCIARIO CONTINENTAL**

El Terciario continental está representado en el área de estudio por una potente sucesión de varios miles de metros de potencia constituida esencialmente por depósitos de carácter aluvial. Cronoestratigráficamente abarca desde inicios del Oligoceno hasta el Mioceno inferior. Existe una gran diversidad de términos litoestratigráficos propuestos por los diversos autores que han trabajado en la región, que en su mayor parte hacen referencia a conjuntos de facies sedimentarias o a sistemas alviales de distinta procedencia.

La división estratigráfica más general propone tres grandes conjuntos deposicionales limitados entre sí por rupturas sedimentarias continuas. De muro a techo estos son: Fm. Javier ( LEON,1985), del Priabonense terminal - Sueviense, Fm. Rocaforte ( LEON,1985 ) de edad de Sueviense superior - Arverniense , y, Fm. Uncastillo ( LEON ,1985 ) , asignada al Oligoceno terminal - Mioceno inferior- medio.

En conjunto, la cuenca terciaria presenta una migración mantenida hacia el Sur, de modo que las unidades más modernas se desarrollan en una posición progresivamente más meridional. El análisis de paleocorrientes y distribución de facies pone de manifiesto la procedencia nororiental y septentrional de los sistemas alviales y el paso hacia el Oeste y Suroeste a ambientes lacustres salinos.

La Fm Javier corresponde en términos generales a la 2ª UTS definida en las hojas MAGNA de la región ( IGME, 1987 ). Está representada por facies alviales distales al Este y pasa hacia el Oeste a términos más fangosos y carbonatados.( Facies de Zabalzalza, PUIGDEFABREGAS, 1975 )

La Fm. Rocaforte, equivale a la 3ª UTS definida en IGME ( 1987 ) y es subdivisible en detalle, en varias unidades secuenciales de menor orden. En la Cartografía Geológica a escala 1.200.000 de Navarra ( GOBIERNO DE NAVARRA, 1997 ) se distinguen tres unidades secuenciales representadas de muro a techo por las facies: a) Sangüesa, b) Cáseda - Eslava y c) Sos del Rey Católico, que constituyen términos litoestratigráficos tomados de SOLÉ SEDÓ ( 1972 ) y PUIGDEFABREGAS ( 1975 ). Para este conjunto de unidades, en la zona estudiada se verifica la confluencia

de sistemas aluviales de procedencia oriental, y septentrional, desarrollándose en el sector de intersección facies más lutíticas.

El conjunto deposicional superior ( Fm. Uncastillo ) corresponde a la 4ª UTS, compuesta por las unidades de Gallipienzo - Artajona y Ujué ( ITGE, 1987 ). Se desarrolla al Sur del área de estudio, apareciendo términos conglomerático - arenicosos propios de ambientes aluviales más proximales y ligados a sistemas de procedencia norte. Según el criterio de PUIGDEFABREGAS (1975 ), IGME ( 1987 ) y GOBIERNO DE NAVARRA, ( 1997 ), se subdivide en dos secuencias marcadas por la entrada de los conglomerados de Gallipienzo en la base, y de Ujué en la parte alta.

A partir de los estudios realizados en la Cartografía a escala 1:25000 de las hojas nº 174-I ( Aibar ), 174-II ( Lumbier ), 174-III ( Cáseda ). 174-IV ( Sangüesa ) se han distinguido un total de ocho ciclos sedimentarios que caracterizan la sucesión estratigráfica del Terciario Continental. De muro a techo son:

- a) Facies Javier ( Headoniense - Sueviense )
- b) Areniscas y lutitas de Sangüesa ( Sueviense - Arverniense inferior )
- c) Areniscas y lutitas de Rocaforte. Lutitas y areniscas de Ayesa, que integran las facies Eslava a muro y las areniscas de Abaiz a techo ( Arverniense inferior a superior)
- d) Areniscas y lutitas de Uzquita ( Arverniense superior )
- e) Areniscas y lutitas de San Zoilo (Arverniense superior- Ageniense )
- f) Conglomerados de Gallipienzo ( Ageniense )
- g) Conglomerados de la Sierra de San Pedro (Ageniense)
- h) Areniscas y lutitas de Ujué (Ageniense - Aragoniense inferior )

A continuación se pasa a una descripción de las unidades representadas en la Hoja.

### **1.1.1. Oligoceno**

#### **1.1.1.1. Lutitas ocreas con algunas intercalaciones de areniscas (26) “Areniscas y lutitas de Sangüesa”. Sueviense - Arverniense inferior.-**

Aflora exclusivamente en el ángulo superior derecho del cuadrante nororiental de la Hoja, en un pequeño afloramiento de dirección NO-SE, que se continúa por las vecinas Hojas de Aibar y Sangüesa.

A pesar de apenas tener representación en esta Hoja, la unidad litoestratigráfica denominada informalmente en el presente trabajo como “Areniscas y lutitas de Sangüesa”, a la que pertenecen estos depósitos está representada por un potente conjunto aluvial que supera en algunos puntos los 1000m de potencia. Configura de forma global un ciclo positivo con desarrollo de facies predominantemente areniscosas en la base y lutíticas a techo.

El contacto de la base de esta unidad con las “Areniscas y lutitas de Javier”, a pesar de no aflorar en la Hoja, viene definido por la entrada brusca de los depósitos areniscosos que marcan un episodio de propagación aluvial hacia el Sur relacionado probablemente con un impulso en el margen septentrional de la cuenca.

A partir de la sedimentación de las “Areniscas y lutitas de Sangüesa” se establece una distribución paleogeográfica que se mantiene a grandes rasgos hasta finales del Oligoceno. Se distingue un sistema aluvial procedente del E y NE denominado Facies de Petilla, y otro sistema de procedencia septentrional desarrollado al Oeste. El área de interacción entre ambos sistemas se caracteriza por el predominio generalizado de términos lutíticos con eventuales desarrollos charcutres y perilacustres, correspondiendo a las facies de Cáeda - Sangüesa (PUIDEFABREGAS), que hacia el SO pasan por lo menos en parte a los yesos de Tafalla.

Las medidas de paleocorrientes refuerzan la reconstrucción paleogeográfica comentada, dirigiéndose hacia el O y OSO en el sistema de procedencia oriental, y hacia el S y SSO en el sistema procedente del Norte.

Esta unidad se presenta en parte como un cambio lateral de facies. con las areniscas de la unidad 25 no aflorantes en la Hoja. Constituye un intervalo esencialmente lutítico de unos 600 m de potencia bien definido a ambos flancos del



sinclinal de Rocaforte por encontrarse entre los dos resaltes principales configurados por unidades areniscosas de mayor competencia. Litológicamente está constituida por lutitas rojizas que intercalan niveles de areniscas, por lo general, de morfología tabular y eventualmente incorporan formas canalizadas.

La descripción sistemática de facies que se expone a continuación esta referida a casi todo el conjunto de las “Areniscas y lutitas de Sangüesa” distinguiéndose las siguientes asociaciones:

-Facies canalizadas. Constituyen niveles de potencia métrica de areniscos de granos medio-grueso a fino. Predominan y configuraciones de alta sinuosidad marcadas por la existencia de superficies tendidas de acreción lateral y laminaciones cruzadas enfrentadas al sentido de acreción. Menos frecuentes son las formas de configuración recta correspondiente a cuerpos de escasa extensión lateral y potencia métrica con secuencias simples de relleno.

El desarrollo de facies canalizadas se realiza de forma preferente en la unidad 25 no aflorante en esta Hoja y a muro al conjunto de “Areniscas y lutitas de Sangüesa” donde las secuencias de relleno alcanzan potencias superiores a los 5 m. No obstante las formas canalizadas aparecen distribuidas de forma minoritaria a lo largo de la unidad 26, si bien muestran potencias más reducidas y de menor continuidad lateral.

Facies areniscosas no canalizadas. Alcanzan un gran desarrollo en la unidad 25 correspondiendo en general a alas de expansión de depósitos de overbank ligados lateralmente a cuerpos canalizados, si bien son abundantes también los depósitos de sheet-flood. Normalmente constituyen niveles de areniscas de grano medio a fino, de potencia decimétrica, tableados o alternando con lutitas ocreas. Presentan convoluciones, escapes de fluidos, burrows de escape, frecuentes cosets de climbing ripples, huellas de desecación y eventualmente icnitas de vertebrados.

.Facies lutíticas aluviales. Constituyen la litología mayoritaria de la unidad 26 formando intervalos masivos de potencia métrica-decamétrica, o alternando por tramos con areniscas. Consisten en lutitas ocreas homogéneas, bioturbadas, con eventuales horizontes de suelos micromórficos rojos.

La descripción petrográfica y mineralógica se realiza a partir de los datos aportados por LEON (1985). La petrografía de las areniscas indica que el cuarzo

constituye el principal componente clástico (35%), correspondiendo el resto de litoclastos (30%) a calizas, cuarcitas y plagioclasas. Los bioclastos (10%) corresponden a foraminíferos resedimentados, reconociéndose mica y glauconita (5%) como accesorios. El cemento (20%) es calcáreo y se aprecia un cierto contenido en matriz arcillosa.

Los depósitos lutíticos presentan un cortejo de minerales en la fracción arcillosa representando por illita (40-55%) caolinita (25-35%), clorita (10-12%) e interstratificados (10-15%). En los sectores más meridionales se ha constatado la presencia de cuarzo microdividido y es característica la existencia de niveles de foraminíferos resedimentados en los términos lutíticos, a diferencia de los sectores orientales donde no aparecen estos dos elementos, lo que constituye un criterio petrográfico que refuerza el esquema paleogeográfico propuesto con individualización de dos sistemas aluviales con distintas áreas-fuente situadas al N y NE respectivamente.

Las calcimetrías muestran un contenido en carbonatos que oscila entre el 20 y el 40% y no se registran variaciones significativas entre los términos areniscosos y lutíticos.

Las determinaciones paleontológicas (IGME,1987) destacan la presencia de Rhabdochara cf. mayor ( GRAMB Y PAUL ) , Psilochara acuta (GRAMB Y PAUL) y Shapaerochara hirmeri longiuscula ( GRAMB Y PAUL) .Esta asociación indica que se alcanza probablemente una edad de Arverniense, por lo que se atribuye al conjunto una edad de Sueviense-Arverniense inferior.

**1.1.1.2.- Areniscas y lutitas acres (28), Lutitas ocreas y areniscas (29) y, Alternancia de areniscas y lutitas ocreas (30). “Areniscas y lutitas de Rocaforte”. Arverniense inferior.**

Al igual que ocurre con la unidad anterior estos depósitos se localizan en el cuadrante nororiental de la Hoja, pudiéndose observar en la carretera de Aibar a Cáseda a poca distancia de la primera población.

Los cortes por lo general no son buenos, si bien permiten llevar a cabo observaciones puntuales sobre la morfología de las areniscas y las lutitas con las que alternan.

El conjunto sedimentario descrito en este apartado y en la zona constituye una potente sucesión de facies aluviales que puede superar localmente los 1200m de espesor. El contacto con las "Areniscas y lutitas de Sangüesa" está definido por la aparición de un intervalo arenoso (28) que marca un episodio de propagación aluvial hacia el sur relacionado probablemente con un impulso en el margen septentrional de la cuenca.

En términos generales, el conjunto muestra una organización positiva con desarrollo de términos más groseros en la base (28) y comparativamente más lutíticos hacia techo (29 y 30). Sin embargo en detalle, el conjunto muestra una compleja distribución de las unidades cartográficas distinguidas motivada por las características paleográficas del área.

De acuerdo con lo expuesto, se mantiene el esquema paleogeográfico descrito para el conjunto de las "Areniscas y lutitas de Sangüesa", si bien el sistema aluvial de procedencia norte desarrolla sus facies más proximales al NO del sinclinal de Rocaforte donde se verifica el cambio lateral de las unidades 28 y 30, mientras que hacia el SE, en el ámbito del anticlinal de Aibar, fuera de esta Hoja, se individualiza un tramo intermedio de carácter esencialmente lúutico (29), delimitado por términos más arenosos a muro (28) y techo (30) que destacan en el terreno como dos resaltes muy continuos por su mayor competencia.

Más hacia el SE, los dos intervalos arenosos se adelgazan y acúñan pasando lateralmente a depósitos lúuticos (29) y hacia techo a facies fangosas aluviales y perilacustres que caracterizan la facies Eslava (IGME,1987). que se describe más adelante.

En base a los estudios sedimentológicos realizados se han distinguido las siguientes asociaciones de facies:

.Facies canalizadas. Se desarrollan principalmente en la unidad 28 donde alcanzan potencias de varios metros y continuidad lateral decamétrica e incluso hectométrica. En el resto de unidades del conjunto (29 y 30) presentan envergaduras más reducidas y menor frecuencia de reparación. Principalmente corresponden a formas propias de cursos meandriformes, mostrando superficies tendidas de acreción lateral y desarrollo de cosets de climbing ripples. No obstante se reconocen localmente en la unidad 28 , secuencias de relleno de niveles canalizados características de cursos de baja sinuosidad, compuestos por sets tabulares de láminas cruzadas, con lechos microconglomeráticos y cosets de festoons.

.Facies areniscosas no canalizadas. Corresponden a depósitos de desbordamiento y abundan a lo largo de todo el conjunto. En las unidades más areniscosas (28 y 30) predominan los niveles generados por fenómenos de sheet-flood. Se reconocen como cuerpos tabulares gradados, de potencia decimétrica-métrica y gran continuidad lateral que presentan laminación cruzada unidireccional. En los intervalos más lutíticos. Se distinguen facies de overbank con abundantes estructuras tractivas y lóbulos de crevasse-splay representados por niveles tabulares de areniscas con matriz arcillosa, muy afectadas por bioturbación.

.Facies lutíticas. Corresponden a intervalos de lutitos acres generalmente bioturbados que alteran rítmicamente con depósitos de overbank o bien constituyen tramos homogéneos de potencia métrica, presentando eventualmente horizontes de suelos rojos. Esporádicamente se reconocen intervalos de lutitos margosas grises con desarrollo de calizas arenosas nodulizadas. Suelen aparecer a techo de secuencias de relleno de canales evidenciado etapas de abancono de los mismos.

Los análisis petrográficos realizados en IGME (1987) sobre las areniscas resaltan su similitud composicional con las facies areniscosas del conjunto precedente (“Areniscas y lutitas de Sangüesa). El cuarzo constituye el componente clástico principal (20-30%), junto con clastos de sílex y, fragmentos de rocas metamórficas, y granos ferruginosos, en porcentajes menores que no superan en cada caso el 10%. Los fragmentos de rocas carbonatadas y bioclastos resedimentados aparecen concentrados en determinados intervalos alcanzando valores comprendidos entre el 25% y 50% del total de la roca y el cemento es carbonatado, con registros del 20-30%. Es característica la impregnación por óxidos de Fe en los granos lo que dificulta la distinción cuantitativa de cemento y clastos en algunos casos.

El conjunto es pobre en restos paleontológicos, habiéndose reconocido Ostrácodos y Charáceas sin valor cronoestratigráfico. La atribución cronológica se establece por tanto a partir de la posición del conjunto en la serie, que se enmarca en el Arverniense inferior, en base a la asociación de Charáceas determinada en las “Areniscas y lutitas de Sangüesa” a muro y el hallazgo de restos de micromamíferos en la Facies Eslava, a techo, que caracterizan en ambos casos el Arverniense inferior.

### **1.1.1.3. Lutitas ocreas con algunas intercalaciones de areniscas (31) y Areniscas y limos ocreas (33). “Lutitas y areniscas de Ayesa”. Arverniense.**

Se describen en este apartado un conjunto de materiales que ocupan una buena parte del núcleo de la estructura del anticlinal de Eslava,

Los mejores puntos de observación se tienen en el sector más septentrional, en las proximidades de Ayesa, a favor de pequeñas barranqueras o taludes de algunas de las pistas.

En la cartografía a escala 1:50.000 de la hoja nº 174, Sangüesa (IGME, 1987), esta unidad coincide en parte con la “Unidad de Leoz” y con la “Unidad de Sangüesa”, si bien, esta última y como se puede observar, ocupa una posición estratigráfica más baja.

Morfológicamente este tipo de materiales apenas destaca en el paisaje, dando lugar a zonas deprimidas, frecuentemente enmascaradas por depósitos cuaternarios tipo glacis o aluviales.

Desde el punto de vista litológico en este epígrafe se han incluido dos unidades. La unidad 31 que es la que caracteriza propiamente a este apartado y la unidad 33, que corresponde a algunas intercalaciones detríticas que se han diferenciado por destacar sobre el conjunto litológico.

La característica fundamental de esta unidad es la presencia abundante de lutitas. Efectivamente la unidad está formada por una monótona sucesión de finos, en general arcillas, de tonalidades muy claras, al menos con respecto a las de las series suprayacentes y de color ocre. El aspecto es masivo, e intercalan delgados niveles de

areniscas. A veces las lutitas presentan ciertas tonalidades rojizas, debidas a procesos edaficos

Las areniscas se presentan por lo general en cuerpos planoparalelos de color gris u ocre y de granulometria muy fina, destacando la presencia de abundantes ripples y climbing-ripples. Son de espesor decimetrico aunque aisladamente se llegan a reconocer de espesor metrico, tambien con ripples a techo, base irregular y poca continuidad lateral. Son muy frecuentes a techo los procesos de bioturbacion así comola presencia de mud-cracks .

A vece areniscas, generalmente de grano fino, afloran con un espesor y/o cierta continuidad cartografica, habiendo sido representadas como la unidad 33. Estas areniscas presentan las mismas facies que las descritas en este apartado, excepcion del espesor, comprendido entre 3-5 m, que hacen que destaquen sobre el monotono paisaje arcilloso que caracteriza a esta unidad.

Ocasionalmente y en zonas de transito a la unidad 32, a la que se pasa lateralmente, se reconocen algunos tramos lutiticos de tonalidades algo rojizas o claras, algo margosos, que incluso pueden contener algunos cristales de yeso disperso, así como niveles carbonatados de color gris y espesor centimetrico, tambien con estructuras de desecacion a techo.

Desde el punto de vista sedimentario todo este conjunto heterogeneo de depositos hay que enmarcarlos en un contexto de mambiente fluvial distal, de llanura de fangos, afectados por procesos edaficos, cortadas esporadicamentes por canales procedentes de sectores mas septentrionales y nororientales que de forma irregular drenarian esta zona.

La edad de estas dos unidades esta asignada en base a los argumentos paleontologicos o restos faunisticos encontrados en la unidad 32, equivalente lateral en gran parte de las unidades descritas en este epigrafe. Este hecho permite atribuir una edad Arverniense a todo este monotono conjunto de materiales lutiticos aflorantes en gran parte del nucleo del anticlinal de Eslava.

**1.1.1.4.Lutitas ocre, areniscas, margas y calizas margosas grises. Lutitas, calizas y margas de Eslava” (32). Arverniense inferior.**

Esta unidad, a diferencia del resto de las aflorantes supra e infrayacentes descritas, presenta una cierta heterogeneidad litológica que la diferencia claramente del resto. Se trata de una unidad detrítico-carbonatada que aflora ampliamente en ambos márgenes del río Aragón, principalmente a lo largo del núcleo del anticlinal de Eslava, donde además la unidad se encuentra fracturada, no pudiéndose reconocer claramente su base.

Equivalencia esta unidad a la denominada “Facies Eslava” (GOBIERNO DE NAVARRA 1997) así como a las anteriormente llamadas “Unidad de Cáseda-Sangüesa” (PUIGDEFABREGAS 1975) o “Unidad de Eslava” (IGME, 1987). Lateralmente pasa a unidades algo más detríticas (unidades 30 y 31), donde siguen predominando los términos lutíticos.

Los afloramientos por lo general no son de buena calidad, reconociéndose solo cortes parciales de la unidad. Así y de esta forma se puede observar esta en el margen derecho del río Aragón o en la carretera de Aibar a Tafalla, entre las localidades de Eslava y Lerga. También se puede reconocer en algunos núcleos de estructuras anticlinales como p.e. al noreste de Cáseda.

Morfológicamente la unidad da lugar a amplias zonas deprimidas, sin apenas relieve que ocupan gran parte de la depresión al sur de Sangüesa y del valle del río Aragón. Solo los niveles carbonatados y cuando presentan buzamientos altos dan lugar a resaltes morfológicos de relativa consideración.

Desde el punto de vista litológico, esta unidad se caracteriza por una cierta heterogeneidad o complejidad, ya que está constituida por un conjunto detrítico-carbonatado formado a expensas de lutitas ocreas, a veces algo rojizas de aspecto masivo, que localmente pueden tener cristales de yesos dispersos así como ocasionalmente alguna intercalación de arenisca de poco espesor. Estas areniscas, por lo general suelen ser de grano fino o medio a fino y contienen abundantes *ripples* y con frecuencia además se encuentran bioturbadas. También se reconocen intercalaciones de margas de tonalidades a veces claras y en ocasiones verdosas, así como, calizas margosas de color gris, con cierta continuidad lateral y espesor de centimétrico a decimétrico.

Todos estos depósitos se encuentran organizados secuencialmente, observándose secuencias positivas de canal del tipo areniscas-lutitas o secuencias de tipo “charcustré”, en las que aparecen lutitas, margas y calizas margosas, constituyendo estas últimas el techo de la propia secuencia.

Sedimentológicamente estos depósitos se enmarcan en un ambiente de llanuras de fangos en tránsito a un ambiente lacustre, con cierta influencia fluvial y con desarrollo de importantes procesos edáficos.

En la Hoja a escala 1:50.000 nº 174, Sangüesa (IGME1987), se citan los resultados paleontológicos de un estudio de muestras sobre micromamíferos, habiéndose encontrado en estos materiales dos molares de *Issiodoromys* sp. (GERVAIS) y *Eucricetodon atavus* (MISONI), que permiten asignar a esta unidad al Arverniense inferior.

#### **1.1.1.5. Areniscas grises. “Areniscas de Abaiz” (34). Arverniense superior.**

Se trata de un importante nivel detrítico de gran continuidad lateral que se localiza en toda la Hoja, dibujando la estructura anticlinal de Eslava.

Uno de los puntos donde mejor está caracterizada esta unidad es en el flanco meridional de la citada estructura, concretamente junto a la localidad abandonada de Abaiz, de donde se toma nombre informal para este trabajo. También se pueden reconocer en la pista de subida al repetidor de Ayesa, aunque en este sector más septentrional las características respecto a los afloramientos más meridionales, próximos al río Aragón de la unidad sufren ciertas variaciones.

Morfológicamente en la mitad meridional de la zona estudiada y favorecido por el buzamiento de las capas, da lugar a un resalte de cierta continuidad. Hacia el norte en el sector de Ayesa-Eslava, destaca por el contraste litológico con las unidades infra y suprayacentes mucho más lutíticas.

Litológicamente y en detalle, se trata de una unidad formada por areniscas de color gris y ocre, con tamaño de grano medio a fino, espesor métrico, base erosiva, por lo general muy tendida y relativa continuidad lateral que intercala niveles lutíticos también de color ocre. La presencia de estos cuerpos detríticos es muy abundante,



reconociéndose también areniscas de geometría planoparalela, o de base muy tendida con laminación paralela y abundantes *ripples* de corriente.

En los sectores más septentrionales, al norte de Ayesa o Eslava, las características de esta unidad varían, encontrando una unidad mucho más potente con cuerpos de 1-3 m de espesor, base erosiva e irregular, con frecuentes cicatrices o amalgamaciones. En la pista al repetidor de Ayesa se puede reconocer de forma parcial una monótona serie alternante de areniscas de espesor métrico a decimétrico con lutitas ocreas y a veces algo rojizas, con cantos blandos en la base, y cicatrices de amalgamación internas, por lo general muy tendidas, laminación paralela, estratificación linsen y *ripples*. Hacia la parte alta de la serie y en este paraje se reconocen formas más canalizadas de espesor métrico, tamaño de grano de medio a fino con base erosiva, aunque tendida, que alternan con lutitas de tonalidades ocreas.

Las facies y organización secuencial de todos estos depósitos, al igual que muchas de las unidades que se describen en este capítulo, ponen de manifiesto un origen o génesis claramente fluvial, con aportes procedentes de zonas septentrionales, por lo que las facies más distales y menos potentes se localizan al sur de la Hoja, intercalándose con depósitos lutíticos.

En cuanto a edad se refiere y en base a las dataciones con las series supra e infrayacentes se atribuye esta unidad al Oligoceno superior concretamente a la parte baja del Arverniense superior.

#### **1.1.1.6. Alternancia de areniscas y lutitas ocreas (35). Arverniense superior**

Aflora esta unidad a lo largo del flanco meridional del anticlinal de Eslava, según una dirección general E-O. Hacia el oeste se acuña hasta llegar a desaparecer, justo en el límite occidental de la Hoja en las proximidades del Alto de Lerga mientras que hacia el Este se extiende con mayor representatividad.

Constituye la base de la serie de las denominadas informalmente en este trabajo “Areniscas y lutitas de Uzquita” y equivaldría a grandes rasgos tanto a la “Unidad de Leoz” de la Hoja de Sangüesa (IGME 1987) como a la denominada a nivel

regional Fm. Sos del Rey Catolico (PUIGDEFABREGAS 1975 y GOBIERNO DE NAVARRA 1997).

Morfológicamente destaca esta unidad con respecto a la serie supra e infrayacente, dando lugar a un resalte o pequeña cresta de gran continuidad, al menos en la margen derecha del Aragon, ya que hacia el este la serie se hace más monótona y destaca menos sobre el paisaje

Los mejores cortes se localizan en la carretera a Gallipienzo a menos de un km del cruce. También se reconoce en la margen izquierda del río Aragon en los relieves de las estribaciones septentrionales de la Sierra de San Pedro, en las pistas que desde Cáseda ascienden a dicha sierra.

Litológicamente la unidad está constituida por una alternancia irregular de areniscas y lutitas, de tonalidades claras de color ocre. Mas en detalle se puede reconocer entre las lutitas intercalaciones de areniscas grises y ocre, de espesor decimétrico a métrico e incluso a veces con tonalidades rojizas por tinción de las lutitas. Estas areniscas suelen ser de tamaño de grano de medio a fino y destacan más, a pesar que tiende a acuñarse la unidad en los sectores más occidentales de la estructura anticlinal de Eslava.. La geometría de estos cuerpos es muy irregular ya que igual se observan cuerpos planoparalelos, de grano fino y abundantes *ripples* de corriente, como se reconocen facies canalizadas de espesor métrico y de base irregular, erosiva.

Así pues una de las características de esta unidad es la alternancia de lutitas ocre con cuerpos areniscosos de geometría y espesor variable, correspondiendo desde el punto de vista sedimentario al desarrollo de un sistema fluvial, donde los cuerpos de base irregular representarían los canales, las areniscas de grano fino con *ripples* a los *crevasses* y facies de *over-bank* y las lutitas a los fangos de la llanura de inundación de los canales.

En cuanto a edad se refiere se incluye esta unidad en el Arverniense superior.

**1.1.1.7. Areniscas y lutitas ocre (36) y Alternancia irregular de lutitas ocre y areniscas (37). “Areniscas y lutitas de Uzquita” Arverniense superior.**

Se incluyen en este apartado dos unidades de características litológicas muy semejantes que han sido diferenciadas en la cartografía, en función de la distinta proporción de sus componentes litológicos

Ambas se extienden por toda la estructura anticlinal de Eslava, formando parte de la misma, así como más al norte en el sinclinal de Ayesa-Olleta, de donde ha recibido nombre informal tomado de una localidad de la Hoja. Equivalen a la denominada Unidad de Leoz (IGME, 1987) así como a la Fm. Sos del Rey Católico (PUIGDEFABREGAS, 1975 y GOBIERNO DE NAVARRA 1997)

De las dos unidades cartográficas, la que mayor superficie de afloramiento ocupa es la unidad 37, extendiéndose por las hojas de Aibar, Cáseda y Sangüesa, constituyendo estos materiales los primeros relieves que rodean la depresión de Eslava y dibujan la estructura de la zona.

Los mejores cortes o afloramientos se localizan en el flanco meridional de la estructura anticlinal de Eslava se, concretamente en la carretera de Cáseda a Carcastillo, cerca del cruce con la pista de servicio del canal de las Bárdenas. También se reconoce en las proximidades de Gallipienzo y junto a la carretera. En el flanco norte aflora bien en la pista que de acceso al repetidor de Ayesa y en las que discurren a favor de los barrancos que cortan normalmente la dirección de las capas.

Desde el punto de vista descriptivo y en cuanto a litología se refirere como se ha expuesto se trata de dos unidades de características muy semejantes. Así la serie comienza por un claro incremento granulométrico en toda la región y con respecto a la serie infrayacente tanto al norte entre Lerga y Aibar como al sur, en ambos márgenes del valle del Aragón.

Las areniscas son de grano medio a fino y se organizan en cuerpos de tamaño decimétrico a métrico en los sectores meridionales y métrico en los septentrionales, aumentando además la granulometría de las areniscas. En el sur son muy frecuentes los cuerpos de geometría planoparalela o de base erosiva muy tendida, que con frecuencia contienen cantos blandos en la base. Hacia techo existe una disminución granulométrica muy clara, predominando los términos lutíticos. En el flanco norte, entre Lerga y Ayesa la granulometría de las areniscas ya es mayor, incluyendo ya cantos llegando incluso a ser microconglomerados, al igual que el espesor de los cuerpos que llega a alcanzar entre los 3-5 m de potencia así como una

gran continuidad lateral, si bien se mantiene la base tendida característica de este tipo de canales en esta unidad.

Las estructuras sedimentarias son muy frecuentes, reconociéndose numerosas estructuras de corriente tipo estratificación cruzada, laminación paralela, *ripples*, facies de *over-bank*, *crevasses* etc. También se reconocen niveles amalgamados y cicatrices internas en los mismos cuerpos arenosos.

Las lutitas, al igual que las areniscas son de color ocre claro y en ocasiones se reconocen tonalidades rojizas, debidas a edafizaciones así como también se ven procesos de bioturbación asociados. También llegan a observarse niveles centimétricos carbonatados de color gris.

Desde el punto de vista sedimentario los materiales detríticos descritos en este apartado se organizan en secuencias positivas y corresponden a un sistema fluvial muy bien desarrollado en los sectores septentrionales, correspondiendo algunos de ellos a facies canalizadas de carácter divagante (*point-bar*) y otros a facies de configuración más rectilínea. También y en este caso son muy frecuentes las facies de desbordamiento tipo *crevasses* y *over-bank*, así como algunos episodios charcutres que darían lugar a la formación de delgados niveles carbonatados.

En cuanto a edad se refiere todos estos depósitos se situarían en el Arverniense superior.

#### **1.1.1.8. Areniscas con intercalaciones de lutitas ocre y rojas. “Areniscas y lutitas de San Zoilo” (38). Arverniense superior-Ageniense.**

Se describen aquí una sucesión detrítica y monótona que aflora en todo el flanco meridional del anticlinal de Eslava, desde las proximidades del alto de Lerga, hasta el límite con la provincia de Zaragoza, continuando además fuera de los límites del área estudiada.

Equivalencia esta unidad a la denominada en la Hoja de Sangüesa “Unidad de Allo” (IGME, 1987) y a grandes rasgos a la Fm. Sos del Rey Católico (PUIGDEFABREGAS 1975 y GOBIERNO DE NAVARRA 1997), unidad que se extiende ampliamente por todo este sector meridional de la Cuenca del Ebro desde Sos del Rey Católico hasta el sinclinal de Lerga-Olleta en la Hoja 1:50.000 de Tafalla.

Los mejores afloramientos en la Hoja se localizan margen derecha del río Aragón, en la pista junto a dicho cauce, ubicándose de hecho. sobre esta unidad la población de Gallipienzo Viejo.

La unidad esta formada por una monotona sucesion alternante de areniscas y lutitas que comienza los primeros metros con la presencia de cuerpos planoparalelos de espesor decimetrico a metrico. El espesor metrico de las areniscas se hace muy pronto patente y la serie organizada en secuencias positivas adquiere un marcado caracter estrato y granocreciente.

Las areniscas suelen tener de 2 a 4 m de espesor por termino general, si bien pueden alcanzar valores inferiores o superiores en funcion de la zona donde afloren. Son de color ocre y a veces con tonalidades rojizas. El tamaño de grano suele ser de medio a fino en los terminos inferiores y de medio a grueso y en ocasiones se observan restos o fragmentos bioclasticos cementado todo ello por carbonato calcico.

La base de los canales es irregular y fuertemente erosiva, siendo muy frecuentes las cicatrices internas de amalgamacion, reconociendose ademas en el interior de estos cuerpos areniscosos estructuras tractivas, tipo estratificacion cruzada, *ripples* asi como cantos blandos en la base de las areniscas y a veces algun canto disperso

Petrograficamente, segun (IGME, 1987) las areniscas corresponden a litoarenitas donde el cemento representa el 20-30% respecto al total de la roca. Entre los componentes destaca el cuarzo con un 20-30%, los feldespatos con un 0-5%, los clastos de silex con 5-10% y los fragmentos de roca a veces con bioclastos que llegan a representar hasta un 20%.

Las lutitas tienen espesor metrico, de 2 a 3 m e incluso a veces mas. Son de tonalidades rojizas u ocres en funcion del tipo de afloramiento, apareciendo asociadas a las areniscas. A veces se reconoce bioturbacion y son frecuentes los procesos edaficos .

Desde el punto de vista sedimentario todos estos depositos estan formados por secuencias progradantes de relleno de canal, indicativas de un medio fluvial de distinta configuracion en funcion del grado de sinuosidad.

La edad considerada para todo este conjunto de materiales es la de Arverniense superior-Ageniense inferior, es decir todo este conjunto de depósitos corresponderían ya a finales del Oligoceno.

### **1.1.2. Mioceno inferior**

#### **1.1.2.1. Conglomerados y areniscas (39). Conglomerados de Gallipienzo y Alternancia de areniscas y lutitas ocre y rojas. (40). Ageniense**

Dentro de este apartado se incluyen dos unidades cartográficas de carácter detrítico: unidades 39 y 40, consideradas como cambio lateral de facies una de otra y por lo tanto relacionadas genéticamente.

Ambas se extienden por el flanco meridional del anticlinal de Eslava. También parte de una de ellas (unidad 40) se reconoce en el periclinal occidental de dicha estructura, extendiéndose además pues por la Hoja de Aibar.

Los mejores cortes se localizan en ambos márgenes del río Aragón, tanto en la Sierra de San Pedro como en la de Gallipienzo. Preferentemente aflora muy bien en el margen derecho junto a Gallipienzo, localidad de donde toman nombre las unidades. También hay un buen corte en la carretera de Cáseda a Carcastillo, en el límite meridional de la Hoja. Con frecuencia ambas unidades aparecen en parte cubiertas por coluviones, canchales o vegetación.

Morfológicamente destacan en el paisaje los depósitos más groseros correspondientes a la unidad 39, dando lugar a relieves tipo cuestras y a farallones a veces de cierta consideración. La unidad 40 da lugar a un paisaje monótono de alternancia de capas duras y blandas donde apenas destaca la traza de las mismas.

Litológicamente la unidad tiene un marcado carácter detrítico, comenzando al sur de la región por una serie conglomerática de más de 200 m. con buzamientos relativamente altos, que lateralmente se va adelgazando y pasa insensiblemente a un conjunto de areniscas y lutitas rojas de espesor métrico, reconocibles en todo el borde sur de la Hoja. No obstante los conglomerados basales se continúan bastante bien a lo largo de todo el sector hasta que apenas alcanzan un par de metros, lo que pone de manifiesto la importancia de este evento sedimentario, al menos en el área estudiada.

Los conglomerados son de color rojizo y grisáceo, alternan con niveles de areniscas y presentan en conjunto un cierto aspecto masivo en el río Aragón, aunque en detalle tienen una cierta organización secuencial. Lateralmente tienden a desaparecer al descomponerse en lechos conglomeráticos (*sheet*) de espesor métrico.

Los clastos son muy heterogéneos y heterométricos, con matriz arenosa y cementados se encuentran fuertemente por carbonato cálcico, siendo en su mayor parte de areniscas ocreas y en menor proporción de calizas de color gris, con tamaños que alcanzan los 20-25 cm o más, si bien los valores medios fluctúan entre los 10-12 cm. En los alrededores de Gallipienzo, estos parámetros se ven sobredimensionados al ser en este paraje las facies mucho más groseras. En ocasiones se reconocen intercaladas láminas de arena gruesa con estructuras de corriente de alta energía.

Lateralmente, y como ya se ha expuesto, de forma insensible y continuada, los depósitos descritos pasan a un conjunto de areniscas y lutitas rojas que de forma rítmica y organizadas se suceden en secuencias positivas con un espesor de más de 400 m en los sectores más occidentales como se puede observar p.e. en el corte de la carretera de Cáseda a Carcastillo, aunque fuera ya de Hoja..

La unidad 40 pues está formada por areniscas y lutitas rojas. Las areniscas son grises y ocreas, de tamaño de grano de medio a grueso, a veces con cantos dispersos y se encuentran organizadas con las lutitas en secuencias métricas con una tendencia grano y estratocreciente. Las areniscas son de tamaño métrico con base muy plana o tendida, en ocasiones irregular, erosiva y de gran continuidad lateral..En el río Aragón se pueden reconocer cuerpos de 3-4 m de espesor, con amalgamaciones internas y con una base irregular muy clara. Se reconocen estructuras sedimentarias tales como laminación cruzada y paralela de alta energía.

Las lutitas que separan los cuerpos areniscosos y en ocasiones conglomeráticos, son de color rojo y de aspecto masivo, con espesores que fluctúan entre 1 y los 3-4 m de espesor. Ocasionalmente se reconocen ciertas tonalidades más ocreas así como delgados niveles, de espesor centimétrico a decimétrico de calizas margosas de tonos grisáceos

Desde el punto de vista sedimentario todos estos depósitos se localizan en un ambiente de abanicos aluviales, cuyos apices algunos se situarían relativamente

cerca del actual curso del río Aragón a su paso por Gallipienzo, la distribución de sus facies dibuja una clara geometría de abanico que drenaría hacia el sur, hacia la actual Cuenca del Ebro.

En cuanto a edad se refiere todos este conjunto detrítico se enmarca según autores entre finales del Oligoceno y comienzos del Mioceno. En este trabajo se asigna esta unidad al Ateniense inferior por lo que los términos más bajos estarían incluidos aun el Oligoceno superior y el resto de la serie pertenecería ya al Mioceno inferior. En ambos casos no existen argumentos paleontológicos definitivos que corroboren las edades establecidas.

#### **1.1.2.2. Conglomerados y areniscas con intercalaciones de lutitas rojas. Conglomerados de la Sierra de San Pedro (41). Ateniense.**

Afloran estos depósitos en la mitad meridional de la Hoja, conformando las zonas altas de las sierras de San Pedro y Gallipienzo, entre las que se encaja y discurre el río Aragón. Constituyen sus afloramientos los resaltes somitales de dichas sierras y en ocasiones han sido confundidos con los conglomerados de Gallipienzo, unidad infrayacente e inmediatamente inferior.

Los afloramientos son discontinuos, ya que con frecuencia se encuentran recubiertos por vegetación o por coluviones recientes. No obstante tanto en la pista que desde Gallipienzo se dirige hacia Ujúe como en las que acceden y recorren la Sierra de San Pedro, se pueden reconocer esta unidad así como en el espaldar de dichas sierras.

Morfológicamente como ya se ha expuesto, estos materiales conforman dichas sierras. Se presentan con buzamientos hacia el sur y con valores medios, lo que motiva una monótona serie monoclinal que puede dar lugar a veces a resaltes estructurales tipo cuestas.

Desde el punto de vista litológico la unidad, aunque en una primera impresión parece estar formada en su mayoría por conglomerados, observándola en detalle se reconoce a veces areniscas de grano grueso y algunos niveles de lutitas rojas. Los conglomerados presentan un aspecto masivo, son de color gris y rojizo con frecuentes cicatrices internas de amalgamación, constituyendo a veces verdaderos farallones. Están formados por cantos de areniscas y calizas, algunos de ellos reheredados, cementados todos ellos fuertemente por carbonato cálcico. Lateralmente y



hacia el sur pasan a cuerpos areniscosos que constituyen la siguiente unidad diferenciada en la cartografía. Presenta espesores entorno a los 200 m o mas

La base de esta unidad es claramente erosiva y discordante sobre la serie infrayacente. Constituye dentro de esta Hoja un evento importante una vez estructurada gran parte de la cadena. Representa pues un importante episodio continental, iniciado en este sector con la instalacion de una serie de abanicoa aluviales yuxtapuestos y relevados en el espacio y tiempo en todo este frente septentrional de la Cuenca del Ebro.

En cuanto a edad se refiere estos depósitos se incluyen clasicamente en el Ageniense, es decir a comienzos del Mioceno inferior y resultarían equivalentes de los aflorantes en la Sierra del Perdon (GOBIERNO DE NAVARRA 1997).

### **1.1.2.3. Areniscas y lutitas rojas y ocre. (42). Ageniense**

Aflora esta unidad al sur de las sierras de San Pedro y Gallipienzo. Representa un cambio lateral de facies de los depósitos groseros de la unidad anterior, extendiendose preferentemente por la margen izquierda del rio Aragon, aunque en la derecha tambien llega a aflorar a lo largo de todo el barranco de Pastiligorra.

No obstante y aunque los afloramientos no llegan a ser muy buenos, las mejores observaciones se pueden llevar a cabo a lo largo del curso del rio Aragon, en ambas margenes de este.

Morfologicamente no constituyen formas definidas, caracterizandose el sector donde aflora por una marcada incision de barrancos y fuertes desniveles entre las zonas mas deprimidas y las cotas mas bajas. Los buzamientos por lo general son suaves aunque mas altos en los niveles inferiores que en los terminos mas superiores.

Toda la unidad se presenta como un conjunto bastante heterogeneo formado por areniscas y lutitas rojas y ocre. Las areniscas son de aspecto algo masivo, de grano medio a grueso y en ocasiones se encuentran cantos dispersos o agrupados formando algun lentejon de conglomerados. Su base es bastante erosiva y se encuentra canalizada, tratandose en este caso de cuerpos de color gris o algo rojizos, amalgamados de gran extension lateral y bastante potentes, que en ocasiones pueden llegar a confundirse con los niveles de conglomerados.

Hacia techo el caracter detritico que la unidad presentaba en los tramos basales va disminuyendo siendo mucho mas frecuentes las intercalaciones lutiticas en detrimento de las facies canalizadas. Asi se reconocen cuerpos de menor espesor, generalmente metrico y de poca continuidad lateral a medida que se asciende en la serie. No obstante en las partes altas se observa la presencia de facies canalizadas bajo diferente regimen hidraulico, observandose areniscas de color ocre que poco recuerdan ya a la de los tramos inferiores, resultando incluso dificil el establecimiento del contacto con la unidad suprayacente, siendo las lutitas rojas, junto a la morfologia de las areniscas quizas uno de los criterios diferenciadores sobre la siguiente unidad.

Las lutitas presentan espesor metrico y presentan un aspecto masivo. Tienen frecuentemente coloraciones rojizas debida a los procesos edaficos por los que se han visto afectados. Son frecuentes tambien los procesos de bioturbacion. En ocasiones se observan niveles mas claros de lutitas que corresponden a tramos algo ya mas margosos.

En conjunto todos estos depositos, de marcado caracter fluvial tienen una estrecha relacion con los sistemas de abanicos aluviales que se reconocen a lo largo de una banda de direccion casi E-O, al menos en este sector y que pasan a facies fluviales, alimentadas por canales procedentes de los propios abanicos o de zonas proximas.

La edad se establece por su equivalencia con la unidad anterior, por lo que se la considera Ageniense.

#### **1.2.2.4. Areniscas y lutitas ocreas. "Areniscas y lutitas de Ujue". (43). Ageniense superior-Aragoniense inferior (Orleaniense).**

Se reconoce esta unidad en el cuadrante suroccidental de la Hoja, en los alrededores de la poblacion de Ujue, de donde toma nombre y se trata de los depositos terciarios mas modernos aflorantes en toda la cuadrícula. Se extiende por toda la vertiente meridional y margen derecha del rio Aragon sobrepasando hacia el sur los limites de la zona estudiada, extendiendose por una gran parte de todo este sector de la Cuenca del Ebro.

Los afloramientos por lo general son bastante continuos, si bien a veces los tramos mas blandos se encuentran enmascarados. Los mejores puntos de observacion se

tienen en los taludes de la carretera de San Martín de Unx y Murillo del Fruto a Ujúe así como en la pista que une la citada población con Gallipienzo.

Morfológicamente los tramos más duros de esta unidad dan resaltes estructurales o trazas de líneas de capa fácilmente reconocible en fotografía aérea, en disposición monoclinal y buzamientos por lo general bastante suaves. El relieve pues resulta bastante monótono y homogéneo a lo largo de la superficie aflorante.

Litológicamente esta unidad resulta bastante característica ya que está formada por una alternancia monótona de areniscas y lutitas ambas de color ocre. Las areniscas se presentan en cuerpos de 2-3 m de espesor, aunque pueden llegar a los 4-5 m. en los trminos superiores de la serie llegando a veces a tener cierta continuidad lateral

Se trata de areniscas, a veces algo biocásticas fuertemente cementadas por carbonatos de color ocre o beige oscuro. El tamaño de los granos es de medio a grueso. y a veces se observan cantos dispersos de 2-3 cm. En ocasiones y en los trminos basales de la serie se observan hiladas o niveles de conglomerados aunque de poco espesor como p.e. en la pista a Chuchu Alto, que contienen cantos heterogéneos de areniscas, caliza y cuarzo heterométricos de 10-12 cm de tamaño medio aunque pueden alcanzar alguno de ellos los 25 cm.

La base de las areniscas es irregular y erosiva. Con frecuencia se reconocen cicatrices de amalgamación y a veces niveles lutíticos centimétricos separándolas. Son frecuentes las laminaciones cruzadas, *festoon* y *ripples*. También y preferentemente hacia techo de la serie se observan crecimientos laterales de los canales (*point-bar*).

Las lutitas son el otro componente litológico de esta unidad. Aunque con frecuencia se encuentran cubiertas, cuando existe un corte fresco se observan presentan un aspecto masivo y color ocre a veces con tonalidades rojizas, preferentemente en los tramos basales. En ocasiones se observan tonos limosos, también de color ocre intercalados así como niveles cm o dm de areniscas de grano fino (*crevasses*) donde también se pueden observar niveles de *ripples*.

En resumen se trata de una unidad detrítica, organizada en secuencias positivas de espesor métrico y granodecipientes, que constituyen en el área estudiada los depósitos más modernos encontrados. El contacto con la unidad infrayacente es

discordante aunque en algunas zonas se reconoce una cierta discordancia progresiva. Presenta espesores del orden de los 250 m, aumentando este hacia el sur, fuera ya de la zona estudiada

Desde el punto de vista sedimentario se trata de una unidad con un marcado carácter fluvial, divagante en los terminos superiores de la serie. Según los trabajos existentes a nivel regional (GOBIERNO DE NAVARRA 1997) estos materiales detriticos serian equivalentes a los terminos mas altos de la Sierra del Perdon y lateralmente y hacia el sur pasarían probablemente a las Facies Tudela , atribuyendoles una edad de Ageniense superior-Aragoniense inferior (PUIGDEFABREGAS 1975 e ITGE 1987). No obstante todos estos depósitos corresponderian todavía al Mioceno inferior.

### **1.1.3. Análisis secuencial y paleogeográfico del Terciario continental.**

La sedimentación continental en el Terciario se articula a favor de sistema aluviales de procedencia pirenaica. El marco geodinámico es la cuenca de antepaís surpirenaica cuyo comportamiento como foreland basin está evidenciado por la migración mantenida al surco sedimentario hacia el Sur a consecuencia del empuje de la cadena en el mismo sentido.

A nivel regional se verifica la existencia de sistemas de sedimentación aluvial de procedencia N y NE que dan paso hacia el sur a depósitos lacustres progresivamente más salinos característicos de los sectores centrales de la cuenca.

El resultado de la progradación aluvial es una serie negativa, a grandes rasgos, con desarrollo de facies más proximales en la parte alta de la sucesión. A mayor detalle, no obstante, la serie se presenta como una alternancia entre intervalos areniscosos y tramos lutíticos constituyendo los principales criterios de individualización cartográfica de unidades. Esta circunstancia permite, a nivel de estratigrafía secuencial, la diferenciación de ciclos de actividad diastrófica decreciente.

A pesar de la considerable cantidad de contrastes litológicos en la serie, no se aprecian discordancias erosivas o angulares destacables entre los ciclos diferenciados, debido probablemente a la reducida escala de trabajo,-y a la gran

continuidad sedimentaria, no habiéndose registrado lagunas estratigráficas importantes y la potencia de la sucesión supera, de forma global los 5000m.

Desde el punto de vista paleogeográfico se distinguen tres etapas evolutivas principales en función de la distribución de los sistemas aluviales. Estas etapas están representadas por las distintas unidades cartográficas representadas dentro del contexto de las cuatro hojas a escala 1:25.000 que integran la Hoja nº 174, Sangüesa.

La primera etapa (Headoniense- Sueviense) corresponde a los “Areniscas y lutitas de Javier” y muestra una distribución de facies aluviales a perilacustres en dirección Este a Oeste, subparalela a la cadena, de acuerdo también con las paleocorrientes registradas, de lo que se deduce un área-fuente situada al NE.

La segunda etapa abarca la mayor parte de la serie suprayacente (Fm. Rocaforte sensu LEON Y, 1985) dilatándose en el tiempo hasta finales del Oligoceno. Se individualizan dos redes principales de paleodrenaje diferenciando un sistema aluvial de procedencia Norte, y al Este otro que indica un área de procedencia nororiental correspondiendo en el sentido de PUIGDEFABREGAS (1975) a la Facies de Petilla. En el área de interacción entre los dos sistemas se desarrollan facies esencialmente lutíticas (Facies de Ceseda y Sangüesa, PUIGDEFABREGAS, 1975) con generación eventual de depósitos palutres y perilacustres (Facies Eslava).

La tercera etapa es de edad principalmente miocena y se caracteriza por el desarrollo de facies aluviales más proximales (Conglomerados de Gallipienzo, Sierra de San Pedro y Ujuè). La distribución cartográfica de facies y registros de paleocorrientes indica una disposición de los sistemas aluviales perpendicular a la dirección general de la cadena con drenaje evidente hacia el S y SSO, de lo que se deduce un área de aportes situada al Norte.

En la presente memoria se establece una división secuencial integrada por ocho ciclos sedimentarios mayores. En términos generales cada ciclo se organiza conforme a un episodio de progresiva atenuación de la actividad distrofica, dando lugar a una secuencia granodecreciente representada por términos aluviales más groseros en la base y esencialmente lutíticos hacia techo. No obstante algunos ciclos no se ajustan al esquema secuencial ordinario, habiéndose tomado como criterio delimitador de secuencias la entrada más o menos neta de unidades areniscosas o conglomeráticas sobre términos comparativamente más lutíticos.

Los ciclos distinguidos son los siguientes:

a) Headoniense-Sueviense. “Lutitas y Areniscas de Javier”, (unidades 23 y 24). Constituye un potente conjunto delimitado a muro la “Arenisca de liédena” y a techo por la entrada de materiales mas groseros de la base de los “Areniscas y lutitas de Sangüesa”. Se organizan en dos ciclos de menor orden que no se ajustan a las secuencias típicas puesto que presentan una tendencia negativa con desarrollo de términos mas lutíticos en la base y progresivamente más areniscosas a techo. Hacia el E y SE la parte inferior del conjunto parece pasar a facies lacustres evaporíticos correspondientes a los “yesos de Undiano” (PUIGDEFABEGAS,1975)y probablemente a la Unidad de Añorbe (IGME,1987) también conocida como “yesos de Puente de la Reina” (SOLÉ SEDÓ, 1972).

b) Sueviense-Arverniense inferior. “Areniscas y lutitas de Sangüesa” (unidades 25 a 27). Se organiza conforme el esquema secuencial típico respondiendo s una secuencia de tendencia positiva. Hacia el Sur disminuye notablemente de potencia y pasa probablemente a los “yesos de Tafalla) (PUIGDEFABREGAS, 1975) que forman parte del complejo evaporítico de Falces (SOLÉ SEDÓ, 1972).

c) Arverniense. “Areniscas y lutitas de Rocaforte” y “Lutitas y areniscas de Ayesa”.(unidades 28 a 34). Está representado por un conjunto muy potente cuya potencia se aproxima a los 1500m. Muestran una considerable variedad de facies lo que junto a su organización sucuencial multiepisódica repercute en una compleja distribución de las unidades cartográficas que integran el conjunto. Se individualizan tres entradas de materiales aluviales groseros(unidades 28,30 y 34) que permiten subdividir el conjunto en sendos ciclos secuenciales de menor orden. Hacia el Sur, se registra una disminución general de potencias y se realiza el paso a facies lacustres salinas (yesos de Falces SOLÉ SEDÓ,1972), identificándose un intervalo de tránsito en facies perilacustres denominada “ Lutitas, margas y calizos de Eslava”

d) Arverniense superior. “Areniscas y lutitas de Uzquita”. (unidades 35 a 37). Consiste en un conjunto esencialmente aluvial delimitado por los “Lutitas y areniscas de Ayesa” a muro y por los “Areniscas de San Zoilo” a techo. Se organiza en términos generales en una secuencia de tendencia negativa producida por una propagación progresiva de los sistemas aluviales.

e) Arverniense superior-Ageniense. “Areniscas y lutitas de San Zoilo” (unidad 38). Está representado por facies aluviales y se organizan en dos ciclos, el primero de tendencia positiva, y el segundo de carácter negativo. Hacia el Este en la Comunidad Autónoma de Aragón se relaciona con facies conglomeráticos semejantes a las de Gallipienzo, indicando una etapa temprana de reestructuración de la cuenca que se hace patente ya en el Mioceno.

f) Ageniense inferior. “Conglomerados y areniscas de Gallipienzo”. (unidades 39 y 40). Se caracteriza por la incorporación de términos conglomeráticos que indican contextos aluviales más proximales. A partir de esta etapa se registra una redistribución paleogeográfica que se mantiene a lo largo del Mioceno, marcada por el desarrollo de sistemas aluviales de dirección N-S. El conjunto se organiza en un ciclo de tendencia positiva pasando hacia el Sur a la unidad de Artajona (IGME, 1987).

g) Ageniense superior. “Conglomerados y areniscas de la Sierra de San Pedro”. (unidades 41 y 42). Constituye un conjunto de características muy similares al infrayacente, puesto que presenta unas propiedades litológicas semejantes y se organiza de manera análoga configurando una secuencia estrato y granocreciente.

h) Ageniense- Aragoniense inferior. “Areniscas y lutitas de Ujué”. (unidad 43). Representa el ciclo más moderno distinguido en la zona de estudio y su distribución cartográfica representa en planta la geometría de un sistema fluvial. Hacia el Sur pasa a depósitos más lutíticos que forman parte de la unidad de Artajona (IGME, 1987). En conjunto se organiza siguiendo una tendencia secuencial positiva.

## **1.2 CUATERNARIO**

### **1.2.1. Pleistoceno**

#### **1.2.1.1. Gravas, arenas y lutitas con cantos y bloques. Glacis de acumulación (46). Pleistoceno.**

Estos depósitos constituyen sin duda alguna uno de los más característicos de la región, tanto por su litología como por su morfología, ya que dan lugar a extensas y vastas planicies que se sitúan al pie de los relieves, con una pendiente por lo general muy suave tendiendo a descender hacia donde se articula la red fluvial actual. Su

disposicion casi subhorizontal en las zonas mas proximas a los interfluvios ha hecho que en ocasiones se confundan con algunas terrazas fluviales, si bien la litologia resulta el elemento diferenciador entre ambos tipos de depositos.

Se reconocen estos glacis y estan ampliamente desarrollados en el valle del Aragon, concretamente en la depresion de Eslava y Sangüesa en ambas margenes del rio. Los afloramientos por lo general se localizan a favor de pequeños cantiles junto a las pistas y carreteras como p.e .en la de Aibar a Tafalla

Litologicamente esta unidad se caracteriza por la presencia de gravas y arenas con lutitas que pueden contener abundantes bloques. Todo este conjunto se organiza por lo general de forma heterogenea, mostrando una cierta organizacion caotica, en la que predominan indistintamente las lutitas sobre los depositos mas groseros o viceversa.

Las gravas presentan cantos de subangulosos a subredondeados y los bloques a veces , por lo general de gran tamaño, pueden llegar a alcanzar proporciones metricas. Uno de los criterios diferenciadores respecto a las terrazas fluviales es la presencia en proporcion mayoritaria de clastos de tamaño decimetrico a metrico, subangulosos de areniscas ocre, procedentes del desmantelamiento de los relieves proximos. Este tipo de materiales se localizan preferentemente hacia los terminos mas bajos de la unidad, mientras que hacia techo predominan las lutitas de color ocre. El espesor de estos materiales, es muy variable, fluctuando desde un par de metros hasta incluso los 5-6 m.

El origen de estos depositos esta intimamente ligado a la historia relativamente reciente de la region. A veces se observan al menos dos generaciones de glacis, en algunos puntos de la zona estudiada, lo que pone de manifiesto la compleja historia a la que la region .se vio sometida durante el Cuaternario

En cuanto a edad se refiere, por su disposicion y relacion de estos depositos con los sistemas de terrazas de la red fluvial del Aragon se les asigna al Pleistoceno.

#### **1.2.1.2. Lutitas con cantos. Glacis de cobertera. (47). Pleistoceno.**



Se incluyen en este apartado unos depósitos superficiales de poco espesor que se localizan al pie de las zonas con un cierto relieve y que contribuyen al modelado del relieve, dando lugar a laderas muy suaves y bastante aplanadas.

Se localizan en distintos puntos de las sierras más meridionales como p.e. en las proximidades de Ayesa, cerca del repetidor que se sitúa en el cerro Santa Agata.

Litológicamente se trata de depósitos lutíticos, de color ocre y poco espesor, generalmente decimétrico que pueden contener cantos dispersos de areniscas en forma de tapiz difuso y que pueden llegar a alcanzar una cierta extensión superficial.

Por su posición, colgados respecto a los de la red fluvial actual se les atribuye al Pleistoceno.

#### **1.2.1.3. Gravas, arenas y lutitas con cantos y bloques. Terrazas. (50 a 52). Pleistoceno-Holoceno.**

Dentro de este apartado se incluyen todos aquellos depósitos relacionados íntimamente con la red fluvial actual, articulada en torno al río Aragón, al ser éste la arteria principal de la región.

Ocupan una gran extensión superficial en la Hoja, habiéndose diferenciado en la Hoja tres de los cinco niveles de terrazas que se identifican, con respecto al cauce actual de los ríos. Estas se encuentran dispuestas de acuerdo a las siguientes cotas: +3-12 m, +15-20 m, +25-35 m. Los dos primeros niveles se les incluye en el grupo de terrazas bajas y el tercero en el grupo de las terrazas medias.

Litológicamente los distintos niveles de terrazas presentan una composición muy similar. Se trata de depósitos formados por gravas y arenas con lutitas en proporciones muy variables. Los clastos son de distinta naturaleza predominando los de calizas grises y areniscas ocreas, siendo además el tamaño de los mismos muy variable, fluctuando entre los 10 a 20 cm de media y los 40 a 50 cm de tamaño máximo. También interesa destacar que a veces se observa una cierta cementación por carbonatos.

El espesor de las terrazas suele ser muy variable, fluctuando entre los 3 y 5 m por término general. No obstante los niveles más altos suelen presentar valores menores. En ocasiones han sido explotadas y utilizadas como aridos.

La edad asignada para los distintos niveles es similar, atribuyéndolas todas al Pleistoceno, excepción hecha de la terraza más baja que correspondería ya al Holoceno.

### **1.2.2. Holoceno**

#### **1.2.2.1. Lutitas con cantos y bloques en ocasiones cementados. Conos aluviales (53) Holoceno.**

Se trata de uno de los depósitos más frecuentes en la Hoja que se localiza en las salidas de los arroyos y pequeños valles que acceden a valles de rango superior o a las terrazas más bajas de la red fluvial principal, es decir del Aragon. En ocasiones se solapan, dando lugar a formas coalescentes de mayor desarrollo

Litológicamente están formados por un conjunto también heterogéneo y bastante caótico de lutitas, con cantos y bloques de tamaño y composición muy variable. Ocasionalmente se pueden producir cementaciones en algunos de estos depósitos, pero siempre muy superficiales y de poca consistencia.

Por su relación con la red fluvial se les asigna una edad Holoceno.

#### **1.2.2.2. Cantos y bloques a veces algo cementados. Canchales y coluviones de cantos.(55). Holoceno**

Se describen en este apartado una serie de depósitos que se localizan preferentemente al pie de los relieves de la Sierra de San Pedro y de Gallipienzo.

Se diferencian del resto de los coluviones por su litología, al ser muy pobres en finos y presentar casi en su totalidad clastos tamaño canto o bloque,, ya que normalmente se sitúan al pie de los relieves conglomeráticos que conforman dichas

sierras, por lo que están compuestos como es lógico por un conjunto heterogéneo de cantos y bloques procedentes de la erosión y desmantelamiento de las formaciones conglomeráticas.

Estos clastos son de tamaño, grado de redondeamiento y composición muy variada, siendo preferentemente los clastos de areniscas y a veces de caliza de color gris. Presentan un cierto grado de cementación y se localizan en las cabeceras de las barranqueras enmascarando como es lógico gran parte de los afloramientos, dando lugar según los casos a canchales o simplemente a coluviones.

Por su posición y relación con los relieves, se les atribuye una edad Holoceno.

#### **1.2.2.3. Lutitas con cantos y bloques. Coluviones (56). Holoceno**

Se trata de depósitos por lo general con muy poco espesor y/o representación superficial, aunque se encuentran repartidos de forma irregular a lo largo de toda la Hoja. Se localizan al pie de las laderas de los principales valles y junto a los relieves, tratándose en todo caso de depósitos de poca entidad, al menos en cuanto a espesor se refiere.

Litológicamente la composición de estos depósitos es muy variable, ya que dependen del sustrato sobre el que se desarrollan. Lo más frecuente es encontrar lutitas de color ocre mezcladas y/o empastando cantos angulosos y subangulosos de arenisca y a veces algunos de caliza.

Por su posición al pie de las laderas y su relación con el resto de los depósitos cuaternarios se les asignan al Holoceno.

#### **1.2.2.4. Lutitas y cantos. Aluvial-Coluvial. (57). Holoceno**

En este epígrafe se describen un conjunto de depósitos de origen fluvial que por su morfología en planta, difieren de la de los fondos de valle y ponen en evidencia un aporte lateral difícil de separar de los propiamente fluviales.

Por lo general se localizan en áreas de topografía muy suave, como p.e. entre Eslava y Lerga o en las proximidades de Ayesa, y corresponden a zonas de cursos de carácter ligeramente divagante y bastantes efimeros.

Su litología por regla general corresponde a materiales finos, lutíticos, que engloban cantos, bien procedentes de las zonas laterales o arrastrados por el propio curso del arroyo.

#### **1.2.2.5. Lutitas, arenas y cantos. Fondos de valle (58). Holoceno.**

Corresponden estos depositos a los cursos de escorrentia superficial efimera o actualmente nula, que discurren a traves de los principales arroyos. Constituyen pues la red fluvial de menor orden que se localiza en la Hoja.

Se trata de depositos de forma alargada, algunos de bastantes kilometros y relativa anchura (100 m) que por lo general tienen poco espesor (3 a 5 m), incluso en ocasiones mas. Destacan los depositos de los arroyos Induxi y Piscaldea en la margen derecha del rio Aragon.

Predominan en este tipo de depositos las lutitas con cantos de diverso tamaño y a veces bloques. Ocasionalmente se reconocen niveles de arenas. Los cantos son de litología muy variable, aunque los que predominan son los de areniscas.

Se asigna estos depositos por su relacion con la red fluvial actual al Holoceno

#### **1.2.2.6. Gravas arenas y limos. Cauces abandonados (61). Holoceno.**

En algunos parajes de la terrazas bajas del rio Aragon se reconoce zonas de características litológicas similares a las de las terrazas fluviales mas bajas y que ademas se encuentran relacionadas con dicho cauce. Aunque sobre el terreno resultan difícil de ser diferenciados, sobre fotografía aerea se reconocen por su forma rectilinea y algo sinuosa a veces.

Son depositos formados por gravas, arenas y limos en distinta proporcion, con desarrollo de suelos que son frecuentemente utilizados para tares agricolas. Destaca por su morfología el meandro abandonado de Liédena, cuyos depositos resultan los mas antiguos. de todos los diferenciados en el cauce del rio Aragon.

#### **1.2.2.7. Gravas arenas y cantos. Cauces activos (63). Holoceno .**

Se describen en este ultimo apartado los depositos que en la actualidad esta dejando el rio Aragon a su paso por la Hoja.

Corresponden estos a gravas, arenas y cantos, aunque ocasionalmente incluyen clastos tamaño bloques, con cantos de litologia muy variada: areniscas, calizas etc. Se organizan en barras fluviales, bien en zonas proximas a los margenes del rio o en los sectores centrales y sus características y morfologia son perfectamente apreciables en distintos puntos de su curso.

## 2. TECTONICA.

### 2.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La presente Hoja, forma parte del sector occidental de la cadena pirenaica, en su limite con la Cuenca del Ebro. Esta alineacion montañosa presenta una direccion E-O y se extiende desde el Golfo de Vizcaya hasta el Mar Mediterraneo, siendo el resultado de la colision, ligeramente oblicua, de las placas iberica y europea, con una ligera subduccion continental de la primera sobre la segunda, como se ha puesto de manifiesto en el Proyecto ECORS (LOSANTOS *et. al.*, 1988). No obstante esta cadena presenta ciertas peculiaridades que la apartan del modelo de cordillera alpina tipica.

La estructuracion de la cadena comenzo a finales del Cretacico y se prolongo durante buena parte del Terciario, presentando ademas una deformacion heterocrona a lo largo del trazado de la cordillera, haciendose progresivamente mas moderna hacia el oeste.

De acuerdo con los criterios mas actualizados, la extension de la cadena sobrepasa ampliamente a la longitud actual del istmo. Aunque se han realizado diversos intentos de clasificacion la mas utilizada en la literatura geologica para el Pirineo istmico es la de MATTAUER y SEURET (1971).

Esta division de caracter general esta basada en criterios estructurales y estratigraficos y se diferencia a grandes rasgos; un nucleo llamado Zona Axial, constituido por un apilamiento antiformal de materiales paleozoicos, dispuesto a modo de eje de simetria de la cadena, dos zonas mesozoico-terciarias despegadas, denominadas Nor y Surpirenica, vergentes a ambas partes y finalmente dos cuencas de antepais terciarias poco plegadas, tambien al norte y sur respectivamente de dichas zonas, rellenas de sedimentos postorogenicos. El cambio de vergencias se establece a partir de la Falla Norpirenaica, accidente profundo, que probablemente sutura ambas placas

La Zona Surpirenaica presenta una cobertera de aloctona, estructurada segun alineaciones de direccion general E-O, dando lugar a diversas alineaciones montañosas que se encuentra formada segun SEURET (1972), por la Unidad Surpirenaica Central, unidad aloctona, que se extenderia por todo el sector central de la cadena y la Unidad de Gavarnie-Monte Perdido, que ocuparia una gran parte del Pirineo

occidental, llegando hasta el accidente de Estella, también conocido como Falla de Pamplona e interpretado como una compleja rampa lateral de uno de los cabalgamientos más importantes de la cadena,

Más recientemente para MUÑOZ *et al.*(1986), en la Zona Surpirenaica, se pueden diferenciar dos grandes unidades estructurales: las Láminas Cabalgantes Superiores, que estarían formadas por mantos de cobertera, fundamentalmente mesozoicos y las Láminas cabalgantes Inferiores, más modernas que las anteriores, que involucrarían a materiales del zocalo y de la cobertera y que a veces presentan una esquistosidad asociada en relación con los desplazamientos

De todas las alineaciones montañosas de esta unidad, la más meridional de ellas, las Sierras Exteriores (sierras de Santo Domingo y Riglos), representarían el cabalgamiento frontal de la cadena sobre la cuenca de antepais. Según TURNER y HANCOCK (1990), el límite hacia el oeste de estas sierras con la Unidad de Gavarnie, correspondería a una flexura (“Flexura de Pena”) que estaría relacionada con un retrocabalgamiento (*passive roof thrust*)

El conjunto de la zona estudiada, incluida dentro de la Hoja 1:50.000 nº 174 Sangüesa, se localiza al sur de la Unidad de Gavarnie (SEGURET, 1972), en su límite con la cuenca de antepais, quedando ubicada entre la Zona Pirenaica, Cuenca de Pamplona-Jaca y Depresión del Ebro, dominios tectónicos establecidos para Navarra (GOBIERNO DE NAVARRA 1997).

La Zona Pirenaica, constituye la montaña oriental navarra. Esta estructurada en un sistema de tres cabalgamientos importantes, con implicación de materiales paleozoicos en los sectores más septentrionales, siendo los más meridionales de ellos los de la Sierra de Illón-Leyre, afectando este último a la zona estudiada. La falla de Loiti, de dirección ONO-ESE también con componente inversa en profundidad y probablemente accidente desgarre previo (CAMARA y KLIMOWITZ, 1985), constituye el límite meridional de este dominio .

La cuenca de Pamplona, es una depresión alargada de dirección E-O, formada por depósitos eocenos, que se ha comportado como una cuenca de *piggy-back*, con traslación pasiva hacia el sur a favor del cabalgamiento basal (*floor thrust*) de Gavarnie. Por el este se prolonga hasta Boltaña en la provincia de Huesca, mientras que hacia al oeste se encuentra delimitada por el accidente de Estella.. El límite por el norte

lo constituye uno de los cabalgamientos septentrionales de la Zona Pirenaica mientras que por el sur y sureste la cierra el cabalgamiento de la Sierra de Alaiz y la falla de Loiti..

Finalmente la Depresion del Ebro, como ya se sabe esta rellena por un importante acumulo de sedimentos continentales terciarios, plegados en zonas limitrofes con las estructuras pirenaicas y subhorizontales o con buzamientos suaves, en la zona de la Ribera. La presencia de evaporitas contribuye a la existencia de niveles de despegues parciales, a veces de cierta consideracion

La zona de estudio mas en detalle se localiza en un area delimitada por la Sierra de Leyre al norte, unidad aloctona con disposicion estructural en *pop-up* y constituida por materiales del Cretacico superior y del Paleoceno-Eoceno, que cabalga mediante estructuras complejas a las margas y flyschs eocenos de la cuenca de Pamplona-Jaca..

Estos materiales y a traves de la falla de Loiti, en los sectores centrales se pone en contacto con las series continentales paleogenas estructuradas que conforman las geometrias de los sinclinales de Sangüesa y Ayesa y los anticlinales de Aibar y Eslava, estructuras en su nucleo algo complejas, que enraizan en profundidad con cabalgamientos vergentes hacia el sur.

Finalmente y en los sectores mas meridionales, afloran los depositos mas modernos de probable edad Orleaniense (Aragoniense inferior), reconociendose un importante acumulo de sedimentos detriticos continentales que se disponen en discordancia y con buzamientos cada vez mas relativamente suaves hacia el sur, que evidencian y ponen de manifiesto la evolucion a finales del paleogeno y comienzos del Mioceno de parte de este sector de la Cuenca del Ebro

## **2.2 DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS**

Las manifestaciones mas destacadas de la deformacion sufrida por el territorio comprendido en la Hoja estan determinadas por los siguientes elementos estructurales: discordancias, pliegues, fallas y cabalgamientos.

### **2.2.1. Discordancias**



La descripción de las principales discordancias está referida al conjunto de Hojas a escala 1:25.000 que integran la Hoja 1:50.000 de Sangüesa. Esto viene justificado por un lado al tener en cuenta la historia geológica a la que se hace referencia en otro capítulo y por otro, cuando no son observables en superficie, a la existencia y reconocimiento de las mismas en el subsuelo, lo que son indicativas de su importancia a nivel regional.

Atendiendo a su orden cronológico y teniendo en cuenta que el registro sedimentario más bajo en la Hoja corresponde al Campaniense, es decir casi a finales del Cretácico superior, las principales discordancias o discontinuidades de la Hoja se localizan a techo de los materiales cretácicos y dentro de las series paleocenas, eocenas y oligocenas, si bien y en estas últimas, las discontinuidades y/o discordancias son muy frecuentes al encontrarse los sedimentos en clara relación con el emplazamiento de unidades y estructuración casi definitiva de la cadena.

Así la primera discordancia o discontinuidad de siempre conocida y puesta de manifiesto a nivel regional es la que se localiza entre el Paleoceno y el Cretácico superior es decir la que se observa entre los materiales paleocenos apoyándose sobre las "Facies Garumniense". Mientras que en los sectores más occidentales de la Sierra de Leyre esta apenas se pone de manifiesto situándose directamente las dolomías paleocenas sobre la "Arenisca de Aren" en los sectores orientales sin embargo esta es más evidente, situándose los mismos materiales carbonatados sobre las lutitas rojas de las "Facies Garumniense". Esta discordancia a nivel regional estaría relacionada con los denominados en la literatura geológica "movimientos laramicos", acaecidos, en las cadenas alpinas a finales del Cretácico comienzos del Terciario

La segunda discontinuidad o paraconformidad que en la región se pone de manifiesto, aunque es difícil de observar es la que pone en contacto las series carbonatadas del Thanetiense-Ilerdiense sobre los materiales paleocenos. infrayacentes. Esta aparente paraconformidad entre materiales carbonatados llega a observarse aunque puntualmente en los cantiles del pico Arangoiti en la Sierra de Leyre, con la presencia de un nivel basal de apenas un metro de conglomerados y brechas calcáreas.

La tercera discordancia o discontinuidad observada y registrada en la zona estudiada corresponde a la de las series carbonatadas y margo calcáreas del Cuisiense sobre las calizas del Thanetiense-Ilerdiense. Esta discordancia es fácilmente observable

en el espaldar de la Sierra de Leyre, mientras que hacia el sur, en los cantiles del cabalgamiento de dicha sierra se manifiesta como una paraconformidad.

Así p.e. entre Bigüezal y Castillonuevo, en los caminos de acceso a la sierra desde esta última localidad, se puede observar un nivel basal de conglomerados y brechas calcáreas en la base de la unidad. Muy cerca del límite de la zona, aunque ya fuera de ella y junto al mirador de la Foz de Arbayun, también se puede reconocer esta misma discontinuidad en la base de la ritmita margo-calcárea, presentando un importante *hard-ground* ferruginoso a techo de las calizas ilerdenses

Otra discordancia, observable a nivel regional es la que se manifiesta a techo de las calizas lutecienses o “Calizas de Guara” en lo que es la cuenca de Pamplona-Jaca en el sector de Lumbier, en el contacto con las estribaciones de la Sierra de Leyre. Esta discordancia pone de manifiesto la presencia de depósitos olistostromicos, bloques y *slumps*, propios de un contexto de talud y que da entrada a las series margosas del “Flysch de Irurozqui” y a las “margas de Pamplona”

También se observa otra discontinuidad en el Bartonense y a techo de dichas margas, en la base de las “margas de Ilundain” con la entrada turbidítica asociada de Gongolaz, Tabar y Yesa.

Sin duda alguna una de las discordancias más claramente puestas de manifiesto tanto a nivel local como regional, es la acaecida en el Priabonense y que se pone de manifiesto por un cambio en las condiciones de sedimentación y el paso del régimen marino a otro ya continental en toda la región, que perdurara durante todo el Terciario. No obstante en casi toda la zona el contacto entre estos materiales se hace casi siempre a través de la Falla de Loiti. Solo en algunos puntos como entre Liédena y Yesa, en una pista en el bosque del Castellon, se puede llegar a reconocer dicha discordancia.

A partir del Eoceno superior comienza a estructurarse la cadena y gran parte de la zona, a excepción de la Sierra de Leyre al norte, se convierte en áreas fuertemente subsidentes, receptoras de un importante acumulo de sedimentos. Cada impulso relacionado con el emplazamiento de las unidades aloctonas, motiva discontinuidades o discordancias de mayor o menor grado, según sectores que en la región se reflejan en los distintos y bruscos cambios litológicos, más patentes en los términos superiores de las series paleógenas e incluso neógenas.

Así se reconocen discordancias de naturaleza erosiva en el Sueviense, Arverniense y Ageniense, relacionadas a techo con procesos de diastrofismo acelerado. Tal es el caso de las discordancias de Gallipienzo y Sierra de San Pedro. A partir del Aragoniense inferior no existe registro litológico en la zona, a excepción de los depósitos cuaternarios, por lo que las discordancias y/o discontinuidades acaecidas en otras zonas próximas de la cuenca del Ebro no son reconocibles en el área estudiada.

### **2.2.2. Pliegues**

Casi la totalidad de los materiales que configuran el ámbito de la zona estudiada aparecen estructurados en líneas generales a favor de grandes pliegues de dirección general E-O y N.NO-S.SE, que en ocasiones se ven afectados por cabalgamientos o fallas de gran ángulo

En la Hoja 174-III. Cáseda, los materiales que la conforman, son todos ellos paleógenos y de carácter detrítico o detrítico-carbonatado. Están estructurados y/o dibujan geometrías amplias, de gran longitud de eje, destacando como estructuras mayores relevantes el sinclinal de Ayesa y el anticlinal de Eslava. En la mitad meridional y sobre el flanco sur de dicho anticlinal se dispone una potente serie detrítica, que con estructura monoclinial y buzamientos relativamente suaves, entre 25° y 8°, conforman el borde de la Depresión del Ebro en este sector.

El sinclinal de Ayesa tiene una dirección O.NO-E.SE, tratándose de un pliegue isoclinal, con una geometría sencilla y sin penas fracturas que modifiquen su traza. Su eje pasa por el repetidor de Santa Agueda. Su flanco nororiental presenta buzamientos relativamente algo más fuertes que su flanco suroccidental, posiblemente relacionado con el cabalgamiento de la estructura anticlinal de Aibar. El periclinal de esta estructura se localiza muy próximo a la margen derecha del río Aragón.

El anticlinal de Eslava se trata quizás de una de las estructuras más importantes de la región que se localiza además dentro de la Hoja. Presenta una dirección general E-O, con ligeras inflexiones a lo largo de su traza. Presenta una clara disimetría con vergencia hacia el sur, encontrando valores de 50°-70° en su flanco meridional y entre 15°-35° en su flanco septentrional. Su núcleo, constituido por una serie heterogénea detrítico-carbonatada, presenta una estructura algo compleja ya que se encuentra fallado

a lo largo del eje y relacionado con un importante accidente en profundidad. Se prolonga dicha estructura por la margen derecha del río Aragón en la vecina Hoja 174-IV de Sangüesa.

Finalmente y en el ángulo sureste de la Hoja, entre las carreteras de Aibar a Cáseda y Eslava, se reconocen una serie de pliegues anticlinales y sinclinales, de cierta longitud y de escasa resolución en profundidad, algo apretados y vergentes hacia el sur, que sin duda alguna se encuentran relacionados con una de las estructuras cabalgantes del anticlinal de Aibar.

### **2.2.3. Fallas y Cabalgamientos.**

En la Hoja 174-III. Cáseda, apenas se reconocen accidentes importantes. Los únicos a destacar son la falla de Eslava y el cabalgamiento de Sada de Sangüesa, en las proximidades de Aibar, afectando todos ellos a las series detríticas continentales que conforman la Hoja.

La falla de Eslava se trata de un accidente que afecta al núcleo de la estructura anticlinal de Eslava. Se trata de una falla muy poco visible tanto por afectar a materiales detrítico-carbonatados, generalmente lutíticos y/o algo carbonatados como por encontrarse en una gran parte enmascarada por depósitos cuaternarios.

Esta falla, parece estar enraizada en profundidad con un importante accidente que se prolonga hacia el Oeste, fuera ya de los límites de la zona de estudio, teniendo una cierta componente inversa en esos sectores, componente muy difícil de establecer en el área estudiada.

El cabalgamiento de Sada de Sangüesa, al igual que el de Aibar, es una resolución de la estructura anticlinal de Aibar en su flanco meridional. En su paso al sinclinal de Ayesa de apenas poco salto, aunque en profundidad pueda tener mayor resolución, se observa en los términos más altos estratigráficamente de dicha estructura y en afloramiento se manifiesta muy mal, reconociéndose inversión de capas, trazado poco definido de estas y cambios bruscos de buzamientos. Un buen punto de observación de este accidente es junto a una pista que transcurre a la derecha de la carretera entre Aibar y Cáseda.

Finalmente en Cáseda se observa un falla de dirección E-O , con un trazado bastante rectilíneo, que se extiende también por la vecina Hoja 174-IV de Sangüesa y que parece pudiera tener una cierta componente inversa ya que puntualmente se observa como las capas del labio más meridional presentan ocasionalmente cierta inversión, con vergencia hacia el sur. No obstante la falta de afloramientos y la poca entidad de este accidente impide realizar mayor precisiones.

### 2.3 CRONOLOGIA DE LA DEFORMACION

La falta de afloramientos tanto paleozoicos como mesozoicos, a excepción de los de la Sierra de Leyre en el área estudiada, impide el establecimiento de una cronología de la deformación, al menos para esos tiempos, por lo que hay que remitirse a los datos existentes a nivel regional.

Se sabe de la existencia inicialmente de un *rifting* generalizado en el seno de la placa ibérica construido a favor de muchos accidentes tardihercínicos reactivados. Esta etapa extensional, comienza en el Golfo de Vizcaya a principios del Cretácico inferior, creando una cierta inestabilidad y un surco subsidente en régimen transtensivo durante esos tiempos, en el espacio que actualmente ocupan los Pirineos. Posteriormente estas cuencas estarían sujetas a una inversión estructural

En el Cretácico superior, a partir del Cenomaniense, se produce un cambio en la deformación pasando a un régimen de deslizamiento lévogyro de tipo transpesivo, que va a continuar hasta el Maastrichtiense. Durante este período de tiempo se forman las primeras estructuras de acortamiento, como el manto de Lakora o las de Bóixols-Turbón ya en el Pirineo central (TEIXELL 1992).

A finales del Cretácico superior y/o principios del Terciario, comienza la tectogénesis alpina. Durante el Paleoceno se produce un importante cambio paleogeográfico que culminará con la creación de una cordillera emergente y dos cuencas de antepaís. Inicialmente se individualiza la cuenca surpirenaica, como cuenca de antepaís subsidente al pie del orógeno y de dirección paralela a su eje, incorporándose posteriormente en disposición *piggy-back*.

El acercamiento definitivo entre las placas ibérica y europea, motiva la creación de un cinturón de pliegues y cabalgamientos, que se propagan hacia el antepaís

en secuencia de bloque inferior. Estas estructuras se agrupan en las denominadas “laminas cabalgantes (mantos) inferiores y superiores”. La colision de placas culmina en el Eoceno, durante el Luteciense, con la denominada “fase pirenaica”, si bien el regimen compresivo perduro hasta comienzos del Mioceno.

El manto de Lakora, es decir, su rampa frontal, genera a su pie la cuenca turbiditica de Jaca-Pamplona. Durante el Luteciense se producen una serie de cabalgamientos, que perduran hasta el Bartonense y motivan la evolucion continuada de las estructuras y la propagacion progresiva de la deformacion hacia el sur y hacia el oeste, como lo demuestra la presencia de pliegues submeridianos en la Sierras Exteriores (TEIXELL 1992).

A partir del Eoceno superior, los cabalgamientos de basamento de la Zona Axial, adquieren un notable e importante desarrollo, emergiendo sobre las rocas de la cobertera ya deformadas anteriormente. Durante este intervalo y en el Oligoceno inferior-medio, se produce el mayor desplazamiento de la vertiente sur del Pirineo sobre la cuenca del Ebro a favor de un cabalgamiento basal.

Esta traslacion hacia el sur se traduce en la deformacion interna y de manera progresiva de los depositos clasticos, cuya geometria corresponde a sistemas de pliegues y cabalgamientos en las series paleogenas y a la emergencia del frente o rampa frontal de cabalgamiento, que da lugar a las Sierras Exteriores. Un ejemplo particular de la migracion hacia zonas meridionales es el aislamiento del sinclinal sinsedimentario de Guarga, donde se registran los materiales mas modernos de la cuenca de Jaca y cuyo sector mas septentrional, se ve sometido a una imbricacion y desmantelamiento.

Las estructuras de plegamiento del relleno sintectonico de la cuenca de antepais, pueden corresponder a veces a cabalgamientos ciegos que llegan incluso a afectar a la cobertera mesozoica subyacente, siendo algunos caracteristicos de *growth - folds* (IGME 1987). es decir estarian relacionadas con pliegues sinsedimentarios.

Durante el Oligoceno superior y Mioceno inferior continua la deformacion y tiene lugar el emplazamiento definitivo de lo que se viene llamando el Manto de Gavarnie dando lugar este a una serie de estructuras plegadas y/o cabalgantes hacia el sur a lo largo del frente surpirenaico, asi como la propagacion de despegues no emergentes hacia la cuenca de antepais pasiva, es decir de la actual cuenca del Ebro.

El acortamiento orogenico cusado por la colision de las placas, produjo un notable engrosamiento de la corteza continental en la mayor parte de ambito pirenaico. Posteriormente el reajuste isostatico ha provocado la surreccion del relieve montañoso actual.

La estructura alpina de la zona estudiada es funcion de la orientacion e intensidad de las distintas fases compresivas y la naturaleza y disposicion de los materiales que configuran la cobertera sedimentaria. En el marco de la Hoja, la compresion alpina se refleja por el desplazamiento hacia el sur de los cabalgamientos bien de bajo angulo como el de la Sierra de Leyre o de alto angulo como el de la falla de Loiti, asi como con las estructuras plegadas de Sangüesa, Aibar, Yesa y Eslava. Estas estructuras, tanto los pliegues como las fallas asociadas, presentan una direccion general E-O y N.NO-S.SE.

### **3. GEOMORFOLOGÍA**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA**

La Hoja de Cáseda (174-III), a escala 1:25.000 está incluida dentro de la Hoja de Sangüesa (174), a escala 1:50.000, y se encuentra situada en el sector centro oriental de la Comunidad Autónoma de Navarra.

Fisiográfica y estructuralmente este sector del Pirineo Navarro pertenece a la Zona Surpirenaica, en su límite con la gran Cuenca del Ebro. Se traza de un área de grandes pliegues que ofrecen direcciones comprendidas entre ONO-ESE y O-E. Este conjunto de materiales plegados está incidido por la red de drenaje, dando lugar a un modelado estructural, en la mayor parte de la Hoja. Es un relieve bastante accidentado, con importantes contrastes altimétricos. Por las características geológicas y paisajísticas pueden reconocerse tres zonas de diferente morfología.

- La mitad septentrional: en ella destacan una serie de piedemontes que desde los relieves de la Hoja de Aibar, concretamente desde la Sierra de Izco, descienden al valle del Aragón.

- La mitad meridional: con un importante modelado estructural, donde la diversidad de formas es abundante y donde destaca la Sierra de San Pedro con las mayores alturas de la Hoja.

- La Vega del río Aragón: con amplios niveles de terrazas en su sector más oriental donde se alcanzan las cotas más bajas llegando hasta los 370 m.

La red de drenaje se ordena en torno al río Aragón que atraviesa el cuadrante suroriental de la Hoja en dirección NE-SO, regando la localidad de Cáseda. Lleva un curso sinuoso o meandriforme encajándose en el paraje de Libarren. A este río afluyen una serie de cauces de largo recorrido como el barranco Indusi que cruza la hoja en diagonal con una dirección ONO-ESE, y el barranco de Aliaga en el cuadrante SO, con una dirección NO-SE con esta misma dirección acuden al Aragón y al Induri una serie de arroyos y barrancos que recorren la mitad septentrional de la Hoja.



Climatológicamente, esta zona pertenece al tipo Mediterráneo Templado con precipitaciones medias anuales comprendidas entre 600 y 900 mm y temperaturas medias anuales entre 11 y 13°C con máximas de 40° y mínimas de -8°C.

La densidad de población es pequeña con apenas cinco o seis núcleos de población, entre los que destaca Cáteda, que da nombre a la Hoja, situado a orillas del Aragón. Le siguen en importancia Gallipienzo, Ujué, Lerga y Eslava. Finalmente existen una serie de pequeñas aldeas y caseríos con Ayesa, Gallipienzo nuevo que completan la estructura urbana del sector. La red de comunicaciones se limita a una serie de carreteras comarcales que unen todos los centros urbanos y a numerosos caminos de tierra y pistas forestales que permiten el acceso a gran parte de la superficie de la Hoja.

La vegetación es muy abundante existiendo grandes ocupaciones de bosque alto de frondosas y coníferas con mezcla de bosque alto y monte bajo. Existen magníficos ejemplos de tejos servales y una gran variedad de arbustos y plantas herbáceas. Los valles más amplios, además de la vegetación de rivera, se encuentran cultivos de regadío. La ocupación principal de esta zona son las actividades rurales, destacando la agricultura y la ganadería.

### **3.2.- ANTECEDENTES**

Los trabajos geomorfológicos relativos a este sector del Pirineo Navarro son bastante escasos, por no decir prácticamente inexistentes, pero sí hay algunos trabajos de carácter regional que han servido para iniciar este estudio.

Un gran avance, en este sentido, es el que se produce en las últimas décadas con motivos de la realización de las Hojas geológicas, a escala 1:50.000, del Plan MAGNA. En ellas se aportan, nuevos datos sobre las características de los depósitos más recientes. Además, la Hoja de Sangüesa, a escala: 1:50.000, que contiene la Hoja aquí considerada, va acompañada de un esquema geomorfológico, a escala 1:100.000, en el que se esbozan las principales morfologías regionales. Por otra parte, la realización por el I.T.G.E., y ENRESA del “Mapa Neotectoónico y Sismotectónico de España, a escala 1:100.000” arroja algunos datos complementarios sobre este sector del Pirineo Navarro.

Finalmente, la reciente edición del “Mapa Geológico de la Comunidad Autónoma de Navarra, a escala 1:200.000” supone una nueva aportación sobre los depósitos cuaternarios

### **3.3. ANÁLISIS MORFOLÓGICO**

En este apartado se consideran dos aspectos fundamentales : uno de carácter estático o morfoestructural y otro de carácter dinámico. El primero tiene en cuenta el relieve como una consecuencia del sustrato geológico y de la disposición del mismo y , el segundo analiza la importancia de los procesos exógenos sobre dicho sustrato y las características de los mismos.

#### **3.3.1. Estudio morfoestructural**

Desde el punto de vista morfoestructural la Hoja de Cáseda (174-II) se sitúa, dentro del Pirineo Navarro, en la Zona Surpirenaica, concretamente en el límite con la gran Cuenca del Ebro. La mayoría de los rasgos de su relieve están condicionadas por la estructura, además de por la litología y la tectónica.

Las mayores alturas de la Hoja se localizan en la banda septentrional, prolongación meridional de la Sierra de Izco y en la Sierra de San Pedro, al sur del río Aragón. Los materiales que la constituyen, de edad terciaria y naturaleza mayoritariamente detrítica, están afectados por una deformación que da pliegues de largo recorrido con una dirección dominante ONO-ESE.

La erosión, que ha actuado sobre estos materiales detríticos de naturaleza alternante, es decir, de diferente grado de competencia, da como resultado un sinfín de formas estructurales de diversas dimensiones: replanos estructurales, cuestas, crestas, “hog backs”, “chevrons”, etc. La representación de todas estas estructuras nos muestra como el gran escarpe que atraviesa el centro de la Hoja con dirección ONO-ESE, donde las capas están prácticamente verticales, va disminuyendo el buzamiento hasta ponerlas horizontales o subhorizontales, como ocurre en la esquina suroeste. En la mitad septentrional dominan los resaltes de capas duras, aunque a veces están enmascaradas

por los amplios depósitos de piedemonte que descienden de los relieves del norte para dirigirse al valle del río Aragón.

Por lo que se refiere a la red de drenaje, la morfología de la misma es otro de los aspectos que refleja, magníficamente, la influencia de la estructura en la configuración del relieve. También la linealidad de algunos cauces, la orientación preferente de muchos de ellos, según determinadas directrices, así como los cambios bruscos en los perfiles longitudinales, indican que las aguas circulan preferentemente por las zonas de mayor debilidad o de máxima pendiente.

La morfología de la red es de tipo dentrítico, subtipo angular, con una densidad media en general. Las redes de este tipo son características, o bien de áreas con litologías muy homogéneas, o bien en sedimentos estratificados en los que los materiales con litologías de diferente competencia se disponen en series monoclinales. Este último hecho es muy frecuente en todo este sector del territorio navarro.

### **3.3.2. Estudio del modelado.**

En este apartado se describen todas las formas cartografiadas en el mapa geomorfológico, tanto si son erosivas como sedimentarias, y que han sido originadas por la acción de los procesos externos. Se describen también dichos procesos según su importancia, considerando en todas aquellas formas que tienen depósitos: el tamaño, la potencia, la distribución espacial y su relación con otras formas.

#### **3.3.2.1. Formas fluviales**

En la Hoja de Cáseda las formas fluviales, tanto de carácter erosivo como sedimentario, alcanzan un gran desarrollo, siendo los depósitos del río Aragón los más representativos.

El sistema de terrazas de este río está muy bien definido. Se han cartografiado en el conjunto de las Hojas, a escala 1:25.000, que forman la Hoja de Sangüesa hasta 5 niveles a, + 3 - 12 m, + 15 - 25 m + 25 - 35 m, + 45 - 55 m y + 70 - 80 m, de los cuales en la Hoja de Cáseda sólo aparecen cuatro y son : + 3 - 12 m, + 25 - 35 m , +45 - 55 m y + 70 - 80 m . El nivel inferior es de todos ellos el que alcanza mayor amplitud.

Litológicamente las terrazas están constituidas por cantos y gravas de caliza, cuarcita y algunos de cuarzo y areniscas, embutidas en una matriz arcillosa-arenosa. En cuanto a su textura, potencia y otros aspectos, se tratarán con más detalle en el apartado correspondiente a las Formaciones Superficiales. La morfología que ofrecen, en general, es la de terrazas colgadas, salvo en los niveles inferiores en los que el dispositivo morfológico es el de terrazas solapadas o encajadas. En estos últimos, debido a las características meandriformes del río Aragón, los depósitos son en la mayoría de “point bar”.

En este valle, y en la zona más próxima al cauce, se observan barras laterales, algunas de ellas de gran desarrollo que constituyen lo que se denomina cauce activo. Su funcionalidad actual produce cambios permanentes en la morfología.

Los fondos de valle están constituidos por depósitos de gravas calcáreas mayoritariamente, pero con componentes cuarcíticos y areniscosos, empastados en una matriz arenosa-arcillosa. La morfología, en planta, es la de bandas alargadas y estrechas con un trazado bastante variable, a veces rectilíneo, a veces ondulado o serpenteante.

En relación con los fondos de valle aparecen los conos de deyección. Constituyen formas generadas a la salida de algunos barrancos y arroyos al desaguar en un cauce de rango superior. El tamaño de los mismos es muy variable, dependiendo de diversos factores: pendiente del cauce, longitud, anchura, cambio de pendiente, tamaño de la zona de recepción y clima. En esta Hoja, los mejores ejemplos aparecen sin duda en el río Aragón. Son de mediano tamaño y se instalan sobre la terraza más baja. También sobre la terraza baja, en las proximidades de Gallipienzo Nuevo, se han cartografiado un pequeño meandro abandonado.

Por lo que se refiere a las formas erosivas de carácter fluvial, son muy abundantes y ofrecen una gran variedad. Lo que más destaca es una importante red de incisión, bastante más efectiva en los cauces menores, sobre todo en los de primer orden, y que en muchos puntos de lugar a proceso de retroceso en las cabeceras. Este proceso a su vez da lugar a la unión de cabeceras contiguas, produciendo una serie de interfluvios de morfología afilada, conocidos como aristas. Son muy frecuentes en el borde sureste de la Hoja.

Por otra parte, en los sectores de menor relieve, se producen pequeñas incisiones en el terreno, de funcionamiento estacional y morfología cambiante que se reconocen como regueros y que están originadas por procesos de arroyada difusa.

También cuando la incisión es acusada y tiene lugar en zonas con materiales blandos, no falta la formación de cárcavas. Aquí, en la Hoja de Cáseda aunque se han cartografiado algunas, su presencia es bastante escasa, los únicos ejemplos aparecen en el cuadrante noreste.

### **3.3.2.2.-Formas de ladera**

Son tres las formas que se incluyen en este grupo: los coluviones, los coluviones de bloques, y las canchales.

Los coluviones aparecen en la base de las laderas de los valles, tanto principales como secundarios. Se manifiestan en forma de bandas alargadas y estrechas, paralelas a los cauces, ofreciendo a veces cierta relación con los conos de deyección y con las terrazas como sucede en el sector de Cáseda. Son producto de la gravedad, pero con intervención del agua.

Se ha distinguido también otro tipo de coluviones a los que se ha denominado coluviones de bloques por constituir un conjunto caótico al pie de los grandes relieves. En este caso en concreto, llama la atención los ejemplos existentes en la margen norte de la Sierra de San Pedro.

Por último se han definido los canchales. Se localizan en algunas cabeceras de arroyos que desembocan en el barranco Indusi y por debajo de una importante cresta. Su característica principal es la acumulación de bloques, gravas y cantos de formas angulosas con una escasez casi total de matriz. Se originan, como en este caso, al pie de los grandes escarpes, al caer por gravedad los bloques fracturados que se encuentran en posición inestable.

### **3.3.2.3.- Formas poligénicas**

Son todas aquellas en las que intervienen dos o más procesos para su formación. Dentro de la Hoja de Cáteda, la unidad más representativa la constituyen los glaciares y, dentro de los mismos, se han distinguido dos tipos: glaciares de acumulación y glaciares de cobertura. Los primeros aparecen con gran representación en toda la mitad norte de la Hoja, procedente de las Sierras más septentrionales como la Sierra de Izco y sus estribaciones. Los segundos, menos potentes, y de menores dimensiones, tienen más relación con la evolución de los valles.

Tanto unos como otros ofrecen una morfología muy característica dando, por lo general, formas alargadas de bordes lobulados y perfil longitudinal plano-concavo, aumentando dicha concavidad hacia la cabecera. Los tamaños son muy variables y suelen ofrecer escarpes netos hacia los valles, al quedar disectados por la erosión fluvial.

Otra de las formas cartografiadas son los depósitos de aluvial-coluvial, localizados en el extremo noreste de la Hoja. Se trata de depósitos de fondo de valle a los que acceden una serie de materiales de aportes laterales, procedentes de las laderas, y que generan una morfología ambigua, en la que se hace difícil la separación de unos y otros

### **3.4. FORMACIONES SUPERFICIALES.**

Se definen como tales todos aquellos materiales coherentes o no, que han podido sufrir una consolidación posterior y que están relacionados con la evolución del paisaje que se observan en la actualidad (GOY et al., 1981). Sus características principales, son que deben ser cartografiables a la escala de trabajo y estar definidos por una serie de atributos tales como geometría, textura, litología, potencia, génesis y, en ocasiones, edad.

Las formaciones superficiales de origen fluvial tienen su máxima representación en las terrazas del río Aragón. Se han diferenciado hasta cinco niveles de terraza a + 3 - 12 m, + 15- 20 m, + 25 - 35 m, +45 - 55 m, y + 70 - -80 m de los cuales sólo cuatro aparecen en la Hoja.

Litológicamente los distintos niveles de terrazas presentan una composición muy similar, si bien se pueden llegar a observar ciertas diferencias, la proporción de cantos de igual litología. Se trata de depósitos formados por gravas y arenas con lutitas, en proporciones muy variables. Los clastos son de distinta naturaleza predominando los de calizas grises y areniscas ocres. El tamaño de los mismos es muy variable, fluctuando entre los 10 a 20 cm de media y los 40 a 50 cm de tamaño máximo. También interesa destacar que en los niveles de terrazas medios y altos, hay a veces una cierta cementación de carbonatos, mientras que en las terrazas más bajas este fenómeno es poco frecuente.

El espesor de las terrazas suele ser muy variable, oscilando entre los 3 y 5 m por término medio, no obstante, los niveles más altos suelen presentar valores inferiores. En ocasiones han sido explotadas y utilizadas como áridos. La edad asignada para los distintos niveles es Pleistoceno, a excepción de la terraza más baja que alcanza ya el Holoceno.

Los conos de deyección se localizan a la salida de los arroyos y barrancos al llegar a valles de rango superior, o a las terrazas más bajas de la red fluvial principal. En ocasiones se solapan dando lugar a formas coalescentes de mayor desarrollo. Litológicamente están formados por un conjunto heterogéneo y bastante caótico de lutitas, cantos y bloques de tamaño y composición muy variable. Ocasionalmente se pueden producir cementaciones en algunos de estos depósitos, pero siempre muy superficiales y de poca consistencia. Por su relación con la red fluvial se les asigna una edad Holoceno.

Los fondos de valle, están constituidos por gravas y cantos de diversa naturaleza, pero principalmente carbonatada empastados en una matriz arcilloso-arenosa con un cierto contenido en carbonatos. A veces se acumulan localmente alrededor de los cantos formando camisas. Otras veces, cementan la base de algunos niveles. El tamaño medio de los cantos está comprometido entre 5 y 8 cm, y el tamaño máximo, observado en campo, es aproximadamente de 40 cm y quizás en algunos puntos puedan superar estos tamaños. La abundancia de bloques se debe a la elevada capacidad erosiva de estos cursos como consecuencia de las diferencias altimétricas y de un clima con altas precipitaciones. Además, la presencia de una estación fría favorece la fragmentación de las rocas y la puesta en movimiento de dichos fragmentos a través de los cauces. Son de edad Holoceno. Pertenecen también a este grupo los cauces activos con gravas, arenas, cantos y ocasionalmente bloques, con litología muy

variada: areniscas, calizas, etc.,. Se organizan en barras fluviales, bien en zonas próximas a las márgenes del río o en los sectores centrales. Su morfología es perfectamente apreciable en distintos puntos del curso.

En algunos parajes de las terrazas bajas del río Aragón se reconocen zonas de características litológicas similares a las terrazas fluviales y que se encuentran relacionadas con dicho cauce. Aunque sobre el terreno resulta difícil su diferenciación, sobre fotografía aérea se reconocen por su forma rectilínea y algo sinuosa son los cauces abandonados, depósitos formados por gravas, arenas y limos en distinta proporción, con desarrollo de suelos, frecuentemente utilizados para tareas agrícolas.

En cuanto a las formaciones superficiales de ladera, destacan coluviones, coluviones de bloques y canchales. Los primeros son de naturaleza arcillosa con clastos abundantes, bastante angulosos y, en general, dispuestos en lechos que indican los diferentes aportes que van dando origen al depósito. Se trata casi siempre de clastos carbonatados o areniscosos aunque puede variar la litología si cambia la naturaleza del sustrato. La potencia no puede indicarse con seguridad, pues puede oscilar desde un tapiz superficial de pocos centímetros hasta acumulaciones de varios metros. Normalmente se ubican al pie de las laderas y, en este caso en concreto, bordeando los principales cauces. Son de edad Holoceno.

Los segundos constituyen un conjunto caótico y heterogéneo de depósitos que se localizan al pie de los grandes relieves de la zona, preferentemente en la Sierra San Pedro y sus estribaciones occidentales.. Se pueden reconocer perfectamente de visu en las laderas que conforman la falda septentrional. Se trata de unos depósitos formados por cantos y bloques empastados en una masa caótica de lutitas con tonalidades rojizas, que a veces pueden llegar a estar ligeramente cementados por carbonatados. Los bloques son de gran tamaño , destacando incluso de lejos, ya que llegan a alcanzar un tamaño métrico considerable, de 2 a 3 m e incluso más. Su composición es también muy variable, encontrando bloques y cantos de calizas eocenas así como de areniscas y calcarenitas cretácicas.

Los canchales están constituidos por una importante acumulación de clastos y bloques de gran heterometría, con muy escasa matriz. Los bloques pueden sobrepasar en ocasiones 2 m. Aparecen a distintas alturas de la ladera pero lo más frecuente es que lo hagan inmediatamente por debajo de los resaltes duros. La potencia de estos



depósitos suele variar entre 0,5 y 3 m., no descartando la posibilidad de mayores espesores puntualmente. Se les asigna una edad reciente (Holoceno-Actual).

Las formaciones superficiales de origen poligénico, están representadas por glaciares de acumulación, glaciares de cobertera y depósitos de aluvial-coluvial.

Los primeros constituyen, sin duda alguna, uno de los depósitos más característicos de la región, tanto por su litología como por su morfología. Dan lugar a extensas y vastas planicies que se sitúan al pie de los relieves con una pendiente por lo general suave, tendiendo a descender hacia la red actual. Su disposición, casi subhorizontal, en las zonas más próximas a los interfluvios ha hecho que en ocasiones se confundan con algunas terrazas fluviales, si bien la litología resulta el elemento diferenciador entre ambos tipos de depósitos. Están ampliamente desarrollados en el valle del Aragón, a ambos márgenes del río. Los afloramientos se localizan por lo general a favor de pequeños cantiles. En la próxima Hoja de Tiermas, al pie y en la vertiente sur de la Sierra de Leyre, se reconocen excelentes afloramientos de este tipo de depósitos., concretamente en el límite oriental de la zona estudiada. Los mejores cortes se localizan en la carretera de Pamplona a Jaca en el entorno del embalse de Yesa. Litológicamente esta unidad se caracteriza por la presencia de gravas, arenas y lutitas con abundantes bloques. Todo este conjunto se organiza de forma heterogénea predominando indistintamente las lutitas sobre los depósitos más groseros o viceversa.

Las gravas presentan formas de subangulosos a subredondeados y los bloques son, por lo general, de gran tamaño, llegando a alcanzar proporciones métricas. Uno de los criterios diferenciadores respecto a las terrazas fluviales es la presencia mayoritaria de clastos de tamaño decimétrico a métrico, de areniscas ocre, procedentes del desmantelamiento de los relieves próximos. Este tipo de materiales se localizan preferentemente hacia los términos más bajos de la unidad, mientras que hacia el techo predominan las lutitas de color ocre. El espesor es muy variable, fluctuando entre un par de metros y 8-10 m como se llegan a observar en el embalse de Yesa. Por su disposición y relación con otros depósitos se les asigna una edad Pleistoceno.

Los glaciares de cobertera son mucho menos potentes, de menor tamaño y se localizan al pie de áreas con un cierto relieve, dando lugar a laderas suaves y bastante aplanadas. Litológicamente se trata de depósitos lutíticos de poco espesor y de color ocre con cantos dispersos de areniscas y calizas. Como los anteriores son atribuidos al Pleistoceno.

En cuanto a los aluviales-coluviales presentan características mixtas entre los aluviales y los coluviones, pero sólo en cuanto a su depósito. Se desarrollan en valles algo abiertos, donde los flujos son esporádicos y poco definidos y en donde se mezclan los sedimentos del fondo con los aportes laterales procedentes de las laderas.

### **3.5. EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA**

La evolución geomorfológica de una zona de reducidas dimensiones es difícil de establecer sin integrarla dentro de un contexto regional más amplio. En este sentido la hoja de Cáseda pertenece en su totalidad a la Zona Supirenáica casi en el límite con la Cuenca del Ebro.

Desde un punto de vista geomorfológico el nivel de referencia más antiguo lo constituyen la Superficie de Erosión, mejor dicho, los retazos de una superficie de erosión desarrollada en hojas próximas. El problema principal de este arrasamiento es conocer su edad al no existir sedimentos recientes en áreas cercanas que puedan relacionarse con él. No obstante, si se pudiera asimilar a la Superficie de Erosión Fundamental de la Cordillera Ibérica (PEÑA et al.1984), su edad sería Vallesiense-Plioceno, coincidiendo con el final del ciclo neógeno, representado por las “Calizas del Páramo”. A pesar de ello, la usencia de depósitos de edad comprendida entre el Mioceno y el Cuaternario impide reconstruir detalladamente la evolución de dicho lapso de tiempo. La realización, en un futuro, de trabajos geomorfológicos en hojas próximas a la Cuenca del Ebro permitirá completar muchos de los datos de los que ahora se carece.

Si considera que el Cuaternario implica el inicio del encajamiento de la red fluvial, es a partir de entonces desde cuando puede insinuarse, en esta zona, la evolución del relieve que se observa en la actualidad.

El encajamiento del sistema fluvial da lugar a una serie de procesos erosivos y sedimentarios. Por una parte los cauces principales van erosionando los relieves y en los momentos de avenida dejan su impronta en los depósitos de terraza. Paralelamente en las laderas existen áreas de erosión y áreas de sedimentación, esta últimas siempre en las partes más bajas de las mismas dando lugar a coluviones, glacis etc.

A medida que avanza el Cuaternario (Pleistoceno medio y superior), la red fluvial sigue su proceso de instalación, con encajamiento y creación de depósitos (terrazas) a lo que hay que añadir el inicio de la formación de la red secundaria.. Todo ello implica el consiguiente modelado de laderas y la formación de la red secundaria. La morfología de las laderas (cóncavas, convexas, regularizadas, etc.,) así como la de los valles (simétricos, asimétricos, en “v”, en “u”, en artesa, etc.) depende, en cada caso, de la litología, del clima y de la tectónica local.

### **3.6.PROCESOS ACTUALES**

La Hoja de Cáseda, se caracteriza por un dominio de la acción fluvial.

Dentro de la erosión fluvial uno de los procesos más acusados es el de incisión vertical de la red que ha dado lugar a profundos barrancos, sin depósito alguno, como sucede en algunos tramos de la red secundaria. El hecho de esta intensa erosión se debe a que la zona pertenece a un área de montaña, donde se instalan numerosas cabeceras, por lo que dicha erosión es dominante, al menos en un futuro inmediato. Será más o menos intensa dependiendo de los movimientos tectónicos recientes, del nivel de base general y sobre todo de la competencia o incompetencia de los sedimentos.

En algunos sectores, donde dominan los materiales blandos, se dan acarreamientos y en otros, de escasa pendiente, predomina la arroyada difusa.

Aunque todos estos procesos que se han detallado puedan ser puntualmente de gran envergadura, no se prevén grandes cambios en el relieve en un futuro inmediato. La tendencia a largo plazo es a una suavización de las formas por las diferentes acciones erosivas, con evacuación de los materiales hacia las grandes venas de agua.

## **4.- HISTORIA GEOLÓGICA**

La síntesis descriptiva de la evolución geológica realizada en este capítulo es válida para todo el ámbito de la hoja a escala 1:50.000 de Sangüesa (174), a pesar de hacer referencias o a la inexistencia de afloramientos de algunas de las unidades que se citan.

El registro sedimentario abarca desde finales del Cretácico superior hasta el Mioceno inferior. La zona de estudio forma parte de la cuenca de antepaís surpirenaica, distinguiéndose al EN el dominio de la Cuenca de Pamplona con sedimentación esencialmente marina hasta finales del Eoceno y la Cuenca del Ebro en sentido amplio, caracterizada por depósitos aluviales del Oligoceno y Mioceno.

La Cuenca de Pamplona presenta un comportamiento geodinámico conforme a un modelo de tipo piggy-back con desplazamiento solidario hacia el Sur con la lámina cabalgante de Gavarnie.

En el Cretácico superior se inicia el desplazamiento de la placa ibérica hacia el Norte dando lugar en la región donde se encuentra la zona de estudio a una individualización temprana de la cuenca de antepaís surpirenaica que funciona consecuentemente como un foreland basin. Los depósitos más antiguos existentes en la zona de estudio o áreas próximas corresponden al Campaniense-Maastrichtiense. En este contexto cronoestratigráfico la sedimentación se articula a partir de sistemas deltaicos emplazados en una cuenca abierta hacia el ONO, sentido en el que las series aumentan de potencia y se verifica el tránsito a facies progresivamente más profundo.

La sucesión finicretácica se presenta como una secuencia de marcada tendencia somerizante generada bajo un dispositivo de progradación deltaica hacia cuenca que se encuentra definida por el desarrollo a facies pelíticas a muro y progresivamente más proximales hacia techo, culminando con el depósito de la facies Garumniense en un medio esencialmente continental.

En el Paleoceno quedan definidos a nivel regional los dominios Pirenaico y Vasco-Cantábrico. En el área estudiada la base del Paleoceno corresponde a una superficie de truncación muy neta y la sedimentación hasta el Ilerdiense inferior-medio es esencialmente carbonatada y se emplaza en medios de plataforma somera caracterizando el margen meridional de la cuenca. Al igual que en el Cretácico superior la cuenca se abre hacia el ONO, sentido en el que profundiza el surco sedimentario.

A techo del conjunto carbonatado del Paleoceno-Ilerdiense se registra una importante laguna estratigráfica que comprende el Ilerdiense-medio-superior y la mayor parte del Cuisiense.

A partir del Ilerdiense medio-superior y hasta el Luteciense superior cabe hacer desde el punto de vista regional, las siguientes consideraciones generales:

.Establecimiento de un surco turbidítico (Grupo de Hecho) paralelo a la cadena, nutrido por sistemas deltaicos de procedencia nororiental, correlativo con plataformas carbonatadas o series adelgazadas y condensadas en el margen meridional de la cuenca.

.Desplazamiento progresivo del surco sedimentario hacia el Sur como consecuencia del empuje de la cadena y por sectores, retroceso en el mismo sentido de los plataformas carbonatadas y deltaicas del margen meridional de la cuenca.

.Desarrollo de niveles olistostrómicos-guía (Megaturbiditas), en el seno de la serie turbidítica, generados por desestabilizaciones repentinas de las plataformas carbonatadas marginales.

En la zona de estudio la sedimentación marina desde finales del Cuisiense, durante el Luteciense y hasta el Bartonense se distinguen tres conjuntos deposicionales:

.El primero acontece a finales del Cuisiense superior-Luteciense inferior. Está representado al Sur por depósitos de plataforma carbonatada (Fm Guara, PUIGDEFABREGAS, 1975). En la Foz de Arbayún se verifica el tránsito lateral hacia el Norte de las facies carbonatadas a depósitos margocalcareos propios de talud y margen de plataforma. El conjunto descrito se correlaciona por su edad y posición estratigráfica con los depósitos turbidíticos de la unidad de Cotefablo ( REMACHA 1983) que caracterizan el intervalo del Grupo de Hecho comprendido entre la MT4 y MT5 de LABAUME et al (1983).

El contacto con la serie paleocena-ilerdiense es discordante, remarcado por la existencia de una destacada laguna sedimentaria. La disposición general del conjunto se realiza mediante una relación de on-lap con el infrayacente de modo que hacia el Norte se alcanzan niveles cronoestratigráficos progresivamente más bajos.

El segundo acontece durante el Luteciense superior y constituye un intervalo claramente discordante sobre las calizas de la Fm Guara, presentando una evidente relación de on-lap hacia el sur. Esta representado por facies de margen de plataforma-talud y hacia el Norte pasa a las facies turbidíticas de la unidad de Fiscal, enmarcada entre la MT5 y MT7.

En conjunto la serie muestra un marcado adelgazamiento hacia el Sur con desarrollo de series condensadas en los sectores más meridionales. La organización secuencial indica una tendencia de somerización relativa hacia techo donde aparecen términos comparativamente más someros y carbonatados.

Finalmente el tercero tiene lugar durante el Luteciense superior-Bartoniense. Está representado por un potente sucesión de facies margosas características de ambientes marinos muy profundos. Todo el conjunto manifiesta una organización negativa resultante de una secuencia somerización con desarrollo de facies pelágicas y turbidíticas, (Flysch de Irurozki), seguidas de términos prodeltaicos, para terminar con la generación de plataformas deltaicas distales (Limolitas de Urroz).

El conjunto se dispone claramente en relación de on-lap hacia el sur, adelgazándose considerablemente la serie en el mismo sentido. La base está marcada por la existencia de una megatubidita carbonática (MT7 de LABAUME et al, 1983), que integra elementos clásticos procedentes de las unidades eocenas infrayacentes.

La transgresión “biarritziense” descrita por numerosos autores a nivel peninsular, está caracterizada en la región por el desarrollo de una potente sucesión pelítica que se conoce como “ Margas de Pamplona”. A pesar de su aparente homogeneidad, el conjunto de los Margas de Pamplona se subdivide en dos ciclos deposicionales. El ciclo inferior (Bartoniense) está representado por facies margosas prodeltaicas (Margas de Pamplona en sentido estricto) y es correlativo con los depósitos de frente deltaico de la Fm Belsué-Atarés desarrollados más al Este.

La base del ciclo superior (Priaboniense inferior) está marcada por la existencia de una importante incisión asimilada a un cañón submarino cuyo relleno está evidenciado por el desarrollo de canales turbidíticos imbricados (turbiditas de Yesa, Gongolaz y Tábar). La parte alta del ciclo está caracterizada por facies pelíticas prodeltaicas (Margas de Ilundain) y localmente se preservan a techo, términos deltaicos someros (Calcarenitas de Celigüeta). Todo el conjunto del Bartoniense-Priaboniense

inferior se adelgaza notablemente hacia el Sur en el subsuelo del área estudiada. En el sondeo Sangüesa-1, el espesor del conjunto es de unos 150 m , contrastando con los mas de 1500 m. registrados en la cuenca de Pamplona.

La regresión finieocena ocurrida a lo largo del Priaboniense superior indica una importante estructuración de la cuenca, con sedimentación evaporítica y lagunar en medios confinados. La Fm Guendulain (PUIGDEFABREGAS,1975) es el representante sedimentario de este episodio. En la base aparecen depósitos de cloruros sódicos y sódico-potásicos generados en lagunas costeras hipersalinas que indican un momento de máximo confinamiento en la cuenca, con descenso de la lámina de agua y producción de salmueras muy concentradas bajo un régimen climático arido.

Posteriormente se registra un estadio de dilución en la cuenca por entrada de aguas continentales con aporte de material en suspensión (Margas fajeadas) ligadas a la progradación hacia el Sur de un sistema deltaico lagunar (Areniscas de Liédena) con estructuras características de un régimen inter-supramareal con oscilaciones de rango micromareal.

Las Areniscas de Liédena-constituyen el último depósito con influencia marina en toda la cuenca de antepaís surpirenaica y de acuerdo con su distribución paleogeográfica, se extiende desde la parte meridional de la cuenca de Pamplona, penetrando en el dominio de la Cuenca del Ebro donde se encuentran en el subsuelo bajo una potente serie aluvial oligocena.

La sedimentación continental terciaria en la cuenca del Ebro se realiza en condiciones endorreicas a lo largo del Oligoceno hasta el Mioceno inferior-medio. La zona de estudio se encuentra próxima al borde septentrional de la cuenca y el depósito está ligado a sistemas aluviales de procedencia pirenaica que pasan hacia el S y SO a ambientes lacustres salinos característicos de los sectores centrales.

Se evidencia una migración mantenida hacia zonas mas meridionales del surco de sedimentación aluvial a consecuencia del empuje de la cadena en el mismo sentido. Esta circunstancia, unida a una probable progresión de la actividad diastrófica da como resultado una secuencia negativa general, de tendencia estrato y clastocreciente, con desarrollo de facies aluviales cada vez más proximales hacia techo y a la aparición de series más modernas hacia el Sur.

Desde el punto de vista paleogeográfico durante el Oligoceno superior y Mioceno y bajo condiciones de sedimentación ya continental, se distinguen tres etapas evolutivas principales:

a) Headoniense-Sueviense (Areniscas y lutitas de Javier). Los sistemas aluviales se distribuyen en dirección E-O pasando hacia occidente a facies perilacustres detrítico-carbonatadas (Facies Zabalza, PUIGDEFABREGAS, 1975)

b) Sueviense-Arverniense. Corresponde al depósito de la Fm Rocaforte en el sentido de LEON, Y (1985) y se caracteriza por la coexistencia de sistemas aluviales de dirección E a O y N a S, definiendo una zona intermedia lutítica con deficiencias en el drenaje (Facies de Cáseda y Sangüesa, PUIGDEFABREGAS, 1975).

c) Ageniense-Orleaniense. En esta etapa los sistemas aluviales presentan una disposición axial submeridiana y se generan facies aluviales proximales indicativas del desplazamiento hacia el sur del margen de la cuenca.

El análisis secuencial de la sucesión terciaria continental ha dado como resultado la definición de una serie de ciclos sedimentarios en la zona estudiada, ocho en total, delimitados por propagaciones aluviales bruscas hacia el sur relacionados con impulsos tectónicos en los márgenes. Cada ciclo tiende a organizarse, en términos generales, de acuerdo con un episodio de actividad diastrófica menguante dando lugar a una secuencia estrato y granodecreciente. No obstante algunos ciclos tienden a organizarse de forma contrapuesta o compleja.

Por último cabe destacar que según estudios recientes, el principio del exorreísmo en la cuenca del Ebro debió producirse en un momento próximo al Mioceno superior a partir del cual empezó la historia del vaciado erosional de la cuenca, encajamiento de la red fluvial y modelado del relieve.

Esto trae como consecuencia la instalación de una red fluvial intensa y compleja cuyos depósitos, juntos a los procedentes del desmantelamiento de los relieves a lo largo de los últimos tiempos contribuyen al modelado y actual relieve de la región.



## **5. GEOLOGÍA ECONÓMICA**

### **5.1. RECURSOS MINERALES**

En el ámbito de la Hoja se ha reconocido 5 indicios, en su mayor parte de escasa entidad. En términos generales no se registra actividad minera en la actualidad,. Se describen no obstante algunos sustancias que si bien no cuentan con inicios registrados en la Hoja, presentan posibilidades de aprovechamiento minero.

#### **5.1.1.- Minerales metálicos y no metálicos**

Se han listado 4 indicios de Cobre ligados a términos areniscosos de la serie terciaria continental No se conocen indicios de minerales no metálicos.

##### **5.1.1.1. Cobre.**

Los indicios de cobre existente en la hoja se sitúan dentro del área meridional de concentraciones de cobre definida en el “Estudio de la Minería de Navarra” (GOBIERNO DE NAVARRA - INYPSA, 1992), donde aparecen relacionadas con niveles de de la parte superior de la sucesión terciaria (Oligoceno superior- Mioceno inferior).

Las mineralizaciones se presentan como sulfuros y carbonatos de cobre. Son de tipo estratiforme y poseen un evidente origen sedimentario asociándose a depósitos de carga residual desarrollados en la base de niveles de areniscos a modo de placeres. Destacan por su tono blanquecino entre los colores ocre-rojizos generales de las areniscas.

Se estiman leyes del 0,4%, lo que unido a los elevados valores de buzamiento condiciona de forma negativa las posibilidades de explotación.

### **5.1.2. Minerales energéticos.**

No se registra, en el ámbito de la Hoja, ningún indicio de sustancias energéticas. Cabe citar no obstante la existencia del sondeo de petróleo Sangüesa- 1 situado en el límite de las Hojas de Sangüesa y Lumbier. Fué realizado por EMPESA en 1962-63 y con una profundidad de 4776 m alcanzó materiales del Devónico proporcionando resultados negativos a causa de la inexistencia de rocas madre.

### **5.1.3. Minerales y Rocas Industriales.**

El unico indicio de minerales y rocas industriales está referido a una gravera situada en una terraza del río Aragón e Irati.

#### **5.1.3.1.- Gravass.**

Se ha reconocido en la Hoja un indicio de Gravass.El punto de extracción se encuentran situado en una terraza del río Aragón.

Litológicamente consisten en gravas poligénicas redondeadas y heterométricas, predominando los cantos de areniscas y calizas. La morfología de los depósitos es subtabular y el espesor oscila entre 3 y 5 m presentando con frecuencia lechos arenosos.

En la actualidad, no se registra actividad extractiva de gravas.

El producto extraído antaño y considerado como árido natural, se empleó fundamentalmente en la construcción de carreteras y elaboración de hormigón, y eventualmente para cubrir pequeñas demandas locales.

#### **5.1.3.2.-Areniscas.**

Si bien no se ha reconocido ningún indicio de areniscas, se describe esta sustancia puesto que debió registrar actividad extractiva en el pasado. Se tiene constancia de la existencia de pequeñas canteras de areniscas situadas en las proximidades de las localidades de mayor importancia histórica, que en la actualidad no resultan observables por haber registrado una recuperación natural. Sin embargo cabe hacer notar que la mayoría de edificios construidos desde épocas altomedievales hasta mediados del siglo XIX utilizaron areniscas tableadas del Terciario continental.

## **5,2 HIDROGÉOLOGIA**

### **5.2.1.- Descripción de las formaciones**

Se aborda en el presente apartado una descripción resumida de las formaciones diferenciadas en la cartografía hidrogeológica. Las descripciones hacen referencia a tres características, que tratadas desde el punto de vista hidrogeológico corresponden a litología, geometría y permeabilidad.

#### **5.2.1.1.- Lutitas y Areniscas.Oligoceno**

Quedan integrados en esta formación hidrogeológica todas las unidades esencialmente lutíticas de la sucesión continental terciaria. Se distinguen dos intervalos principales separados por unidades comparativamente más competentes con las que presentan parciales cambios laterales de facies Cada uno de ellos presenta unos valores elevados de potencia y litológicamente están formados por lutitas ocre y rojas con intercalaciones de areniscas, y eventualmente delgados niveles de calizas arenosas y arcillosas y margas, siendo muy poco frecuente la presencia de trazas de yeso.

Los dos intervalos principales están integrados por las siguientes unidades del Mapa Geológico:

- a) Facies lutíticas de Sangüesa (unidades 26 y 27)
- b) Facies lutíticas de Rocaforte, Facies de Eslava y Ayesa.(unidades 29,30,31 y 32).

La permeabilidad es baja dado el predominio de términos lutíticos.

### **5.2.1.2.- Areniscas y Lutitas. Oligoceno-Mioceno**

Agrupar las unidades del Terciario continental con predominio de términos areniscosos. En la Hoja se distinguen dos intervalos principales que destacan en el terreno como resaltes estructurales por su mayor competencia.

Litológicamente corresponden a areniscas y lutitas ocre-rojizas con predominio de las primeras sobre las segundas. Las areniscas constituyen niveles de espesor variable, en general de orden métrico-decimétrico, de geométrica tabular y canalizada, que alternan con lutitos o se amalgaman formando bancos de potencia métrica-decamétrica.

Si bien se distinguen en la serie terciaria a continental tres intervalos areniscosos principales, las unidades lutíticas pueden intercalar localmente niveles de areniscas de menor potencia y reducida extensión.

De acuerdo con lo expuesto se distinguen de muro a techo las siguientes unidades y agrupaciones de niveles cartográficos.

a) Facies areniscosas de Rocaforte. Están definidas por la unidad 28 situada en la parte inferior del conjunto de las “Areniscas y lutitas de Rocaforte”. Muestra una distribución geométrica similar a la de las facies areniscósas de Sangüesa, presentando una potencia de unos 150-200 en el sinclinal de Rocaforte y adelgazándose considerablemente por tránsito lateral a facies lutíticas en el flanco meridional del Anticlinal de Aibar. Hacia el NO, aunque ya en la Hoja de Aibar (174-I), alcanza (bosque de Sabaiza) su máximo desarrollo, llegando a constituir la totalidad del conjunto de las “Areniscas y lutitas de Rocaforte” y definiendo una serie monoclinial con buzamientos generales hacia el sur de más de 1000 m de potencia.

b) Facies areniscosas de Ayesa. Constituyen intercalaciones areniscosas aisladas entre sí (33) dentro de la sucesión arcillosa de las “lutitas y areniscas de Ayesa”. Se distinguen 2 niveles principales de potencia de orden decamétrico, desarrollados en la parte oriental del sinclinal de Ayesa-Olleta

c) Facies areniscosas de techo de la serie terciaria continental.

La sucesión terciaria del Oligoceno-Mioceno muestra una tendencia general granocreciente como consecuencia del desplazamiento del margen septentrional de la cuenca hacia el sur. De este modo se desarrolla un conjunto de unidades con predominio de areniscas que constituyen la parte alta de la sucesión terciaria continental, definiendo un intervalo de potencia superior a 1000 m., compuesto por las unidades 34,35,36,37,38,40,42 y 43 del Mapa Geológico.

La posición estratigráficas del conjunto determina su distribución geográfica apareciendo en el sinclinal de Ayesa-Olleta, y al sur de la zona de estudio, donde constituye una serie monoclinial con buzamientos hacia el sur.

Las unidades descritas presentan una permeabilidad media-baja dada la cementación de las areniscas y el frecuente desarrollo de alternancias con lutitas. No obstante los paquetes más competentes pueden permitir cierta circulación de agua en posiciones próximas a la superficie por descompactación y pérdida parcial de la cementación, y en zonas comparativamente más tectonizados por facturación y mayor densidad de diaclasado.

### **5.2.1.3.- Conglomerados y areniscas. Oligoceno-Mioceno**

Corresponde a las unidades 39 y 41 del Mapa Geológico denominados respectivamente como conglomerados de Gallipienzo y de la Sierra de San Pedro.

Litológicamente consisten en conglomerados calcáreos y areniscas dispuestos en niveles de potencia métrica con base erosiva. Se desarrollan exclusivamente al sur de Gallipienzo formando parte de una serie monoclinial con buzamientos hacia el sur. Aparecen como intervalos lenticulares de potencia de orden decamétrico, y extensión lateral de varios km. Pasan lateralmente y hacia el sur en el subsuelo a términos de menor granulometría (unidades 40 y 42 del Mapa Geológico).

Se estima una permeabilidad media atribuible a porosidad integranular por descompactación del sedimento en posición próxima a la superficie y a facturación en zonas con diaclasado destacable. No se observan fenómenos de carsificación que faciliten la circulación de agua.

#### **5.2.1.4. Gravas, arenas y limos.Cuaternario**

Se tratan en este punto las formaciones permeables del Cuaternario. En general corresponden a depósitos de gravas, arenas y en menor proporción, limos, ligados a la dinámica fluvial, y que se desarrollan principalmente en relación a los principales cursos; ríos Aragón, Irati, Salazar y Onsella y de forma local en arroyos subsidiarios.

Se distinguen cinco niveles principales de terrazas (unidades 45 a 52 del Mapa Geológico) los más altos dispuestos como terrazas colgadas, y los bajos presentando una distribución de terrazas encajadas.

Los depósitos de cauces activos (63) y abandonados (61) muestran una litología similar a las terrazas limitando su desarrollo a los ríos más importantes.

Se incluyen también por sus características litológicas las canchales y coluviones de cantos constituidos por depósitos de gravas de cantos angulosos con escasa o nula matriz, y que desarrollan localmente a pie de los principales escarpes de los términos más competentes del sustrato.

La permeabilidad en estos depósitos es alta por porosidad intergranular dada su granulometría grosera, escasez de matriz lutítica y poca o nula cementación.

#### **5.2.1.5.- Arcillas con bloques y cantos, y arenas.Cuaternario**

Se agrupan las formaciones del Cuaternario que están representadas litológicamente por lutitos con un contenido destacable en elementos clásticos. Corresponden principalmente a depósitos de ladera; conos aluviales ( 45 y 53), coluviones (54 y 56) y glacia (46 y 47) cuya composición litológica depende del área de procedencia consistiendo generalmente en fangos con cantos de areniscas y de calizas en proporciones variables.

En zonas más bajas se distinguen depósitos coluviales-aluviales (57) y de fondo de valle (58) que corresponden a lutitas con cantos dispersos y esporádicamente intercalaciones de arenas con matriz arcillosa.

La permeabilidad es, en términos generales, bastante baja para este conjunto de depósitos, si bien puede aumentar localmente por lavado de los finos permitiendo el paso de agua por porosidad intergranular.

#### **5.2.1.6.- Arcillas, arcillas con cantos dispersos y lutitas margosas. Cuaternario.**

Comprende las formaciones impermeables del Cuaternario, representadas esencialmente por términos lutíticos. De forma muy localizada se reconocen acúmulos antrópicos de materiales (62), constituyendo terraplenes ligados a distintos tipos de obras.

En términos generales esta unidad está constituida por depósitos lutíticos y/o margosos del sustrato terciario, removidos por su fácil ripabilidad.

La permeabilidad de estos depósitos es muy baja dada su naturaleza arcillosa.

#### **5.2.2. Unidades acuíferas.**

Se describen a continuación una serie de unidades que agrupan formaciones hidrogeológicas susceptibles de almacenar y transmitir el agua, y por lo tanto capaces de constituir acuíferos.

Se han diferenciado dos unidades con funcionamiento hidrogeológico independiente, si bien pueden presentar localmente algunas conexiones. Por orden cronoestratigráfico son:

-

- Formaciones permeables del Terciario continental
- Formaciones permeables del Cuaternario.

#### **5.2.2.1.- Areniscas y lutitas, localmente conglomerados y areniscas . Formaciones permeables del Terciario continental. Oligoceno-Mioceno.**

Se agrupan en este punto todas aquellas formaciones de la serie continental terciaria que por sus características litológicas, predominio de términos areniscosos y eventualmente conglomeráticos, presentan posibilidades de almacenar y/o transmitir agua, si bien en términos generales presentan rangos moderados de permeabilidad.

Forman parte de la Unidad Hidrogeológica sur definida en el marco del Proyecto Hidrogeológico llevado a cabo por la OFN, DGOP y SG de la DFN (1975-1977), y que está representada por los materiales terciarios de relleno de la cuenca del Ebro en condiciones endorreicas.

En este contexto, la zona de estudio comprende parte del sector con desarrollo de facies detríticas de borde de acuerdo con su proximidad al margen septentrional de la cuenca. En consecuencia la serie presenta un predominio de buzamientos hacia el sur con valores decrecientes en el mismo sentido, y únicamente en los flancos septentrionales de los anticlinales de Aibar y Eslava se registran buzamientos moderados hacia el norte consecuentes con la vergencia sur de las estructuras.

Comprendiendo los cuatro cuadrantes que integran la Hoja a escala 1:50000 de Sangüesa (174) se diferencian en la serie tres intervalos principales, cada uno de varios cientos de metros de potencia, con predominio de depósitos clásticos y por lo tanto con posibilidades de constituir acuíferos de cierta entidad.

El más bajo en la serie constituye la parte inferior de los "Areniscas y lutitas de Sangüesa, el intermedio está adscrito a las "Areniscas y Lutitas de Rocaforte" y el superior, desarrollado en los sectores meridionales de la zona de estudio, representa la parte alta de la serie y al sur de Gallipienzo intercala términos conglomeráticos.

A excepción de estos últimos, que se encuentran en general muy cementados, los acuíferos están formados por areniscas bastante consolidadas con intercalaciones de arcillas en proporción variable.

#### Funcionamiento hidrogeológico

A grandes rasgos, se trata de acuíferos confinados cuya recarga se realiza por infiltración del agua de lluvia. Las areniscas permiten cierta circulación de agua en



zonas con desarrollo de fracturación y/o diaclasado y especialmente en situación próxima a la superficie donde presentan procesos de descalcificación. A mayor profundidad disminuye la porosidad por una mayor cementación, aumentando la salinidad del agua.

La descarga se realiza por manantiales dispersos y por transferencia hacia los ríos a través de depósitos cuaternarios permeables. Los caudales registrados en los manantiales y pozos son bajos de modo que no alcanzan generalmente los 5 l/sg.

#### Parámetros Hidrogeológicos:

Al igual que en los casos anteriores no existen datos concretos de permeabilidad, transmisividad, coeficiente de almacenamiento, etc, en base a bombeos de ensayo o test hidráulicos realizados en la zona. El elevado grado de consolidación de muchos de los niveles areniscosos y/o conglomeráticos limita la porosidad eficaz y por tanto su permeabilidad. Esto, unido al carácter anisotrópico o individualizado de los niveles areniscosos permeables limita la posibilidad de explotación de estos niveles acuíferos no dándose, en las perforaciones realizadas, caudales superiores a 2 l/s.

#### **5.2.2.2.- Gravas, arenas y limos. Formaciones permeables del Cuaternario.**

Destacan por su importancia hidrogeológica los materiales cuaternarios ligados a la dinámica fluvial de los principales ríos y cursos mayores subsidiarios. Corresponden a terrazas y depósitos aluviales.

Su distribución geográfica por tanto está directamente determinada por el recorrido de las redes hidrográficas principales. En general dan lugar a secuencias simples de depósito de potencia métrica y tendencia granodecreciente con desarrollo de gravas en la parte inferior pasando en vertical a arenas y limos. Normalmente constituyen niveles de escaso espesor (1-5 m) no obstante pueden registrarse valores a cerca de 20 m (aluvial del río Aragón).

Los depósitos de ladera presentan en general rangos bajos de permeabilidad, a causa de su naturaleza esencialmente lutítica.

#### Funcionamiento hidrogeológico.

La recarga se produce por infiltración del agua de lluvia, retorno de los riegos, inundaciones por desbordamiento de los ríos y transferencia de los acuíferos en rocas consolidadas a las formaciones superficiales permeables.

Constituyen acuíferos libres, de extensión variable y la permeabilidad es alta por porosidad intergranular dada la escasa o nula compacidad de los depósitos.

Las descargas son directas a los ríos en los niveles conectados con los cursos fluviales (aluviales y terrazas bajas) y por manantiales de escasa entidad a cotas más altas, en terrazas colgadas y depósitos de ladera permeables.

### Parámetros hidráulicos.

Se han recopilado los datos existentes en el libro de “las Aguas subterráneas en Navarra. Proyecto hidrogeológico”. (DFN, DGOP y SG de la DFN, 1975-77) que hacen referencia únicamente al aluvial del río Aragón aguas abajo de la zona de estudio en su confluencia con el Ebro. En el marco de dicho proyecto se realizaron ensayos que proporcionaron para el aluvial de Aragón unos valores de transmisividad comprendidos entre 100 y 3000 m<sup>2</sup>/día, estimándose la porosidad eficaz en un 10%.

## **5.3. GEOTECNIA**

### **5.3.1. Introducción**

En este apartado se describe la cartografía geotécnica de la Hoja a escala 1:25.000 nº 174-III correspondiente a Cáseda y se establecen las características geomecánicas de los materiales que la componen.

Esta caracterización geotécnica se ha realizado en función de la disponibilidad de datos recopilados en obras y proyectos. En el caso de no disponer de esta información, se efectúa una valoración geotécnica según las características litológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas de los materiales.

El objetivo de este trabajo es proporcionar al usuario una información complementaria de carácter general, pero lo suficientemente objetiva, que sirva de

punto de partida para orientar hacia futuros trabajos de planificación territorial y campañas geotécnicas puntuales.

### **5.3.2. Metodología**

Para la realización de este capítulo se han seguido las siguientes etapas:

- Recopilación de los datos existentes. Los datos de Ensayos de Laboratorio proceden de las siguientes obras y proyectos:

- “Proyecto de Construcción de Embalse en la Regata Mairaga”. MOPU. Dirección General de Obras Hidráulicas. Confederación Hidrográfica del Ebro. 1980. Hoja 173. Tafalla
- “Documento XYZT Presa de Yesa”. MOPU. Dirección General de Obras Hidráulicas. Confederación Hidrográfica del Ebro. 1986 Hoja 175-I
- “Proyecto de Construcción de Intersección a distinto nivel de la Ctra. N-240 (Pamplona-Huesca) con la Ctra. NA-150 (Pamplona-Aoiz-Lumbier) y la Ctra NA-5340 (Aibar-Venta de Judas)”. SERTECNA 1994 Hoja 174-II.
- “Anteproyecto y Proyecto de Acondicionamiento y mejora del trazado del N-240 PK 29,0 a PK 34,5 (Alto de Loiti-Venta de Judas)”. DIPUTACIÓN FORAL DE NAVARRA. Dirección de Caminos 1979. Hojas 174-I y 174-II

Asimismo, y con el fin de proporcionar una visión global del conjunto del territorio navarro, esta información se completa con la procedente de alguna de las unidades geológicas que se prolongan en Hojas próximas, fundamentalmente las de Pamplona (141-IV); Aibar (174-I); Lumbier (174-II); Sangüesa (174-IV) y Tiermas (175-I).

- Realización de la base de datos. Se ha elaborado una ficha geotécnica, donde figuran los ensayos de laboratorio recopilados. Estos tratan de establecer, de la manera más adecuada posible la naturaleza actual de la roca, su comportamiento mecánico y/o hidráulico y, la evolución y propiedades de la

misma bajo los procesos de meteorización. Los ensayos recopilados se clasifican en los siguientes grupos:

- . Identificación; establecen la naturaleza de la roca y su estado natural aparente (granulometría, límites de Atterberg, densidad y humedad, absorción, grado de meteorización).
- . Clasificación; intentan establecer una idea general del comportamiento de la roca en relación a criterios previamente establecidos. (Índice de Calidad, resistencia a compresión simple, point load test).
- . Resistencia, compactación y deformación; determinan parámetros resistivos y relaciones tensión-deformación. Algunos de estos ensayos se utilizan como base para múltiples clasificaciones (CBR, Proctor Normal, Corte Directo).
- . Alterabilidad; evalúa el comportamiento del macizo rocoso frente a los procesos de meteorización, una vez modificados sus condiciones originales de estabilidad. (análisis químicos, hinchamiento, durabilidad).

Igualmente, se han consultado datos referentes a sondeos y penetrómetros, reseñándose, cuando es posible, el índice de calidad de la roca (R.Q.D.)

- Tratamiento estadístico de los datos incluidos en la base de datos. En esta fase se indexa la información de la base de datos geotécnica del apartado anterior, con la aportada por la cartografía geológica. Ello permite caracterizar geotécnicamente los diferentes materiales y obtener valores medios, máximos y mínimos de los diferentes ensayos.
- Zonificación en áreas de iguales características. A partir de los datos anteriormente comentados e interpretando las unidades geológicas cartografiadas, se procede a la zonificación de la superficie de la Hoja en áreas de iguales características (geotécnicas y litológicas). Como se ha señalado con anterioridad, cuando no ha sido posible disponer de ensayos, los criterios seguidos para establecer esta zonificación, han sido las características litológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas de los materiales, observadas durante los reconocimientos de campo.

### **5.3.3. Zonificación geotécnica**

#### **5.3.3.1. Criterios de división**

Se ha dividido la superficie de la Hoja en función de criterios geotécnicos, en cuatro Áreas que presentan una entidad propia y cierta homogeneidad. Posteriormente, estas áreas han sido divididas a su vez en un total de dieciocho Zonas, siguiendo criterios básicamente litológicos y morfológicos, ya que son estos los que permiten diferenciar desde un punto de vista geotécnico los materiales de cada área.

De aquellas unidades de las que se dispone información, se aportan datos de identificación, estado, resistencia, deformabilidad y análisis químicos.

#### **5.3.3.2 División en Áreas y Zonas Geotécnicas**

Los materiales que integran la Hoja 174 han sido agrupados desde el punto de vista geotécnico en las siguientes áreas:

- ÁREA I: Engloba los materiales Cretácicos
- ÁREA II: Comprende los depósitos marinos del Eoceno
- ÁREA III: Representa los depósitos de origen continental del Oligoceno y Mioceno
- ÁREA IV: Corresponde a los depósitos Cuaternarios

Estas áreas se han dividido en las siguientes zonas:

- ÁREA I: ZONA I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub>
- ÁREA II: ZONA II<sub>1</sub>, II<sub>2</sub>, II<sub>3</sub>, II<sub>4</sub>, II<sub>5</sub>
- ÁREA III: ZONA III<sub>1</sub>, III<sub>2</sub>, III<sub>3</sub>, III<sub>4</sub>, III<sub>5</sub>, III<sub>6</sub>
- ÁREA IV: ZONA IV<sub>1</sub>, IV<sub>2</sub>, IV<sub>3</sub>, IV<sub>4</sub>

En el Cuadro 1 se presenta la correlación entre las Unidades Geológicas cartografiadas y las Zonas Geotécnicas.





**CUADRO 1****CORRELACIÓN ENTRE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS Y ZONAS GEOTÉCNICAS EN LA HOJA DE CÁSEDA 174-III**

<b>UNIDAD CARTOGRÁFICA</b>	<b>ZONACIÓN GEOTÉCNICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
46,47,50,51,52,53,57,58,61,63	IV <sub>3</sub>	Depósitos fluviales, aluviales y poligénicos
55, 56	IV <sub>2</sub>	Depósitos de gravedad
43	III <sub>6</sub>	Areniscas y lutitas ocreas subhorizontales
39, 41,	III <sub>5</sub>	Conglomerados y areniscas
32	III <sub>4</sub>	Lutitas ocreas, areniscas, margas y calizas margosas
26, 29, 31,	III <sub>3</sub>	Lutitas con intercalaciones de areniscas
28,30,33,34,35,36,37, 38,40,42	III <sub>2</sub>	Alternancia de areniscas y lutitas ocreas

### **5.3.4. Características geotécnicas**

#### **5.3.4.1. Introducción**

De los materiales que se disponen ensayos se ha realizado una caracterización geomecánica utilizando los criterios que se señalan más adelante. No obstante, la generalización a cada zona de estos valores puntuales es complicada, sobre todo cuando en ella coexisten varios conjuntos litológicos con un comportamiento geomecánico diferente, y que no admiten ser diferenciados por razones de escala de trabajo. Cuanto mayor sea la heterogeneidad litológica de cada Zona, mayor será la dispersión de los valores; por tanto, la mayor o menor fiabilidad de los datos aportados vendrá condicionada por el grado de homogeneidad litológica de las Zonas Geotécnicas.

De cada Zona Geotécnica se aportan datos sobre características constructivas, tales como condiciones de cimentación, excavabilidad, estabilidad de taludes, empuje sobre contenciones, aptitud para préstamos, aptitud para explanada de carreteras y comportamiento para obras subterráneas. Así mismo, se señalan los principales problemas geotécnicos que pueden presentarse y que en general, van a estar relacionados con la presencia de: turbas o arcillas compresivas, nivel freático superficial, zonas de alteración superficial del sustrato rocoso, erosiones y arrastres de materiales en laderas, desprendimientos de rocas y, finalmente, suelos solubles y agresivos (yesíferos y salinos).

La caracterización geomecánica de los diferentes materiales, se ha realizado con ayuda de los ensayos de laboratorio y de campo. Hay que señalar que el número de ensayos geotécnicos es muy reducido, teniendo en cuenta la extensión de la zona y la diversidad de formaciones existentes, por lo que estos valores deben considerarse como orientativos y en ningún caso pueden sustituir a los ensayos geotécnicos de detalle. Se ha recopilado información de los siguientes ensayos:

- Granulometría. Del análisis granulométrico se ha considerado el contenido de finos que presenta el suelo, es decir, el porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 (0.08 mm) de la serie ASTM. Estos datos son utilizados posteriormente en diversas clasificaciones.

- Plasticidad. La clasificación de los suelos cohesivos según su plasticidad se ha efectuado con el límite líquido (WL) y el índice de plasticidad (IP), utilizando la carta de plasticidad de Casagrande.
- Resistencia a compresión simple ( $Q_u$ ,  $Kp/cm^2$ ). Determina las características de resistencia y deformación de una muestra seca. Respecto a la resistencia de suelos y rocas, existen numerosas clasificaciones; una de la más utilizada, es la descrita por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas:

ROCA		ENSAYO DE CAMPO	
Descripción	Co (MPa)	Navaja	Martillo geológico
Ext. resistente	> 250	No corta	El golpe arranca pequeños trozos
Muy resistente	100 - 250	No corta	Se rompe con muchos golpes
Resistente	50 - 100	No corta	Se rompe con varios golpes
Medio resistente	25 - 50	No corta	Se rompe con un solo golpe
Blanda	5 - 25	Corta con dificultad	Puede indentarse con el pico
Muy blanda	1 - 5	Corta fácilmente	Se puede machacar

- Ensayo Proctor Normal. Permite calcular la densidad máxima y humedad óptima de compactación del suelo o material utilizado en explanada, con el fin de que adquiera las condiciones de estabilidad volumétrica, resistencia, indeformabilidad e inalterabilidad necesarias.
- Ensayo C.B.R. (California Bearing Ratio). Evalúa la capacidad de soporte de los materiales para constituir una explanada, es decir, la resistencia que ofrecen a la deformación bajo cargas.
- Ensayo de corte directo. Permite determinar la cohesión (c) y el ángulo de rozamiento interno ( $\phi$ ) de una muestra de roca o discontinuidad. Es de gran aplicación práctica en el cálculo de estabilidad de taludes.

- Análisis químico. Se han utilizado los datos de contenido en Materia Orgánica, Carbonatos y Sulfatos. Estos últimos permiten determinar la agresividad del terreno mediante el contenido en sulfatos, valorado según la normativa que se expone a continuación:

En las aguas	En el terreno	Agresividad
< 0,03	< 0,2	Débil
0,03 a 0,1	0,2 a 0,5	Fuerte
> 0,1	> 0,5	Muy fuerte

Las características constructivas de los diferentes materiales se estudian para condiciones de cimentación y para obras de tierra.

- Cimentación. Se evalúa la capacidad portante del terreno. Normalmente se ha utilizado el criterio expuesto en el Código Británico nº 4 y Norma DIN-1054, que establece cargas admisibles para roca poco diaclasada, no meteorizada con estratificación favorable y marcada de 15 Kp/cm<sup>2</sup> y de 30 Kp/cm<sup>2</sup> en estado masivo o columnar. (En caso de rocas diaclasadas o con disposición desfavorable de los planos de estratificación, estos valores deberán reducirse a la mitad.

Descripción de la roca	Kp/cm <sup>2</sup>
Roca ígnea o gnéssica sana	109
Calizas masivas y areniscas duras	44
Esquistos y pizarras	33
Lutitas duras, limolitas y areniscas blandas	22
Lutitas arcillosas	11

Cargas admisibles según el Código de Práctica Británico nº 4, para diferentes tipos de roca.

En suelos y debido a que no se dispone de datos sobre asientos, éstos han sido estimados considerando la consistencia media del terreno. Asimismo, se señalan los problemas concretos de cimentación que pueden darse en cada Zona Geotécnica; los más generalizados están relacionados con asientos diferenciales, presencia de agua subterránea, presencia de sulfatos en el sustrato, debido a la

alta reactividad de los mismos con el hormigón, y riesgos de colapsos en aquellas unidades con presencia potencial de cavidades subterráneas.

- Excavabilidad. Los terrenos se han clasificado de acuerdo con la Norma Tecnológica de Edificación (Acondicionamiento del Terreno. Desmontes. Vaciados; NTE-ADV, 1976)) en los siguientes grupos: 1) Duro. Atacable con máquina o escarificador, pero no con pico, como terrenos de tránsito, rocas descompuestas, tierras muy compactas; 2) Medio. Atacable con el pico, pero no con la pala, como arcillas semicompactas, con o sin gravas o gravillas; 3) Blando. Atacable con la pala, como tierras sueltas, tierra vegetal, arenas. Cuando en la excavación se encuentran mezclados los terrenos se establece el porcentaje de cada uno de los tres tipos.
- Estabilidad. Dos son los parámetros que condicionan estos procesos: litología (y estructura) y pendiente del talud. En consecuencia, en cuanto a la naturaleza de los materiales se evalúa su estabilidad en tres grupos (alta, media y baja), desechándose aquellas unidades geológicas que por su litología no son favorables a la aparición de situaciones de inestabilidad. Por lo que se refiere a la pendiente, se estima una inclinación del 10% como límite inferior a la aparición de estos fenómenos.
- Empujes sobre contenciones. Hacen referencia a contenciones del terreno natural, no de rellenos realizados con los materiales de cada zona.
- Aptitud para préstamos. Se ha utilizado básicamente el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de la Dirección General de Carreteras (P.P.T.G.). El término No Apto designa suelos inadecuados; Marginal, designa suelos que unas veces son inadecuados y otras tolerables e incluso adecuados; el término Apto, designa suelos tolerables, adecuados e incluso seleccionados.
- Aptitud para explanada en carreteras. Se evalúa la capacidad de soporte de los materiales para constituir una explanada, es decir, la resistencia que ofrecen a la deformación bajo cargas.

Se ha tomado como referencia la Instrucción de Carreteras, Normas de Firmes Flexibles y Firmes Rígidos. Se entiende por suelo No Apto, aquel que no puede constituir un desmonte ni un terraplén explanada tipo E-1 (Suelos tolerables al

menos estabilizado en sus 15 cm superiores, con CBR de 5 a 10). Marginales son aquellos que cumplen a veces dicha condición; en especial suele referirse a terrenos tolerables, que no conviene que sean explanada directamente (CBR de 10 a 20). Aptos, son terrenos frecuentemente adecuados y seleccionados; constituyen explanadas tipo E-3 (CBR > 20).

En terraplenes y pedraplenes, la categoría de la explanada dependerá del material utilizado en su coronación.

- Obras subterráneas. Se utiliza el término "Muy Difícil" para suelos muy blandos por debajo del nivel freático o suelos potencialmente expansivos; "Difícil" designa terrenos blandos o arenosos limpios bajo el nivel freático; y "Medio", suelos firmes, casi rocas blandas, que sólo a veces presentan problemas de nivel freático, con cierta capacidad de autosoporte y sin empujes fuertes.

Para las formaciones rocosas se da una idea de su categoría en las clasificaciones de Bieniawski (1979), que obtiene un índice de calidad (RMR, Rock Mass Rating), mediante la valoración de una serie de parámetros (RQD, Resistencia, Presencia de agua, Separación entre diaclasas y Disposición de juntas respecto a la excavación). El objetivo de esta clasificación es definir el tipo de sostenimiento a efectuar en obras subterráneas concretas.

Bieniawski establece cinco categorías en función del valor RMR:

Clase I	Roca muy buena: RMR = 81-100
Clase II	Roca buena: RMR = 61-80
Clase III	Roca media: RMR = 41-60
Clase IV	Roca mala: RMR = 21-40
Clase V	Roca muy mala: RMR < 20

### **5.3.4.2. Área III**

#### Zona III<sub>2</sub>

- Características Geológico-Geotécnicas

Está constituida por una alternancia de areniscas y lutitas de origen fluvial de edad Oligoceno-Mioceno, que se extienden por una gran parte de la Hoja. Las

lutitas se presenta en estratos de espesor variable alcanzando los 50 cms, con planos de estratificación. Las areniscas son de grano fino a medio, y se encuentran cementadas por  $\text{CaCO}_3$ , aflorando a modo de lentejones métricos a decamétricos, y en capas continuas de 3-5 m de espesor y varios kms de longitud.

La meteorización prácticamente no va a afectar a las areniscas. Sin embargo, en las lutitas va a producir cambios de color y pérdida del cemento calcáreo, disminuyendo su compacidad natural, y por tanto, aumentando su erosionabilidad. El tránsito entre roca sana y alterada es transicional.

En general, la permeabilidad es baja, debido a la propia naturaleza de las lutitas y a la escasa porosidad eficaz de las areniscas a causa de su cementación. No obstante, estas últimas a nivel superficial, y hasta una profundidad de 10 m presentan una permeabilidad mayor, debido a la fracturación y presencia de juntas abiertas.

Se dispone de los siguientes ensayos de Laboratorio:

#### **Cuadro Resumen de Características Geotécnicas (Roca inalterada)**

Clasificación de Casagrande :	CL
Porcentaje pasa tamiz n° 200	58,2 - 99,8 %
Límite líquido	37,25
Índice plasticidad	20,33
Humedad	14,5
Densidad Proctor	2,05 $\text{gr/cm}^3$
Humedad óptima	11,6 %
Índice C.B.R.	4,4
Resistencia a compresión simple (lutitas sanas) :	> 25 $\text{Kp/cm}^2$
Resistencia a compresión simple (areniscas) :	300-700 $\text{Kp/cm}^2$
R.Q.D. medio :	80-100 %
Ángulo rozamiento interno ( $\emptyset$ )	30°
Cohesión	0,15

La característica fundamental del macizo rocoso que constituye esta zona, es la alternancia de materiales de diferente litología (y por tanto, diferente comportamiento mecánico) en estratos y capas de espesor variable, factores estos que condicionan decisivamente el comportamiento geomecánico del conjunto.

- Características constructivas

a. Condiciones de cimentación.

La Norma DIN 1054 y el Código Británico establecen presiones admisibles del orden  $20 \text{ kp/cm}^2$ , valores estos que deben reducirse a la mitad cuando el espesor de los tramos lutíticos aumenta o la disposición de la estratificación y grado de diaclasado son desfavorables. Se estima que la capacidad portante de estos materiales se sitúa entonces entre 6 y  $10 \text{ kp/cm}^2$ , valores suficientes para el caso de edificios habituales en los que las cargas proyectadas son inferiores a  $3 - 4 \text{ kp/cm}^2$ .

El tipo de cimentación será en general superficial, previa eliminación del horizonte de alteración. Es de esperar la presencia de asientos diferenciales y fenómenos de punzonamiento debido a la intercalación de niveles lutíticos blandos entre los paquetes de areniscas.

b. Condiciones para obras de tierra.

. Excavabilidad. En general, son materiales Duros, por lo que su excavación precisa el empleo de explosivos. Las lutitas alteradas son fácilmente excavables.

. Estabilidad de taludes. Cuando la disposición de los materiales es transversal a la orientación de las laderas, y su buzamiento es superior a la pendiente, no se observa ningún fenómeno de inestabilidad. Por otra parte la naturaleza de estos materiales en cuanto a sus parámetros resistivos y disposición alternante no favorece la aparición de deslizamientos.



Únicamente existe riesgo de caída de bloques en los resaltes areniscos en aquellas zonas donde existan escarpes pseudoverticales o en voladizo por descalce de los niveles lutíticos inferiores.

- . Empuje sobre contenciones. Bajos para las lutitas, y No serán necesarios para las areniscas.
- . Aptitud para préstamos. Los niveles arcillosos se consideran No Aptas para su uso en terraplenes y pedraplenes. Los niveles de areniscas, constituyen por el contrario, Terrenos Adecuados.
- . Aptitud para explanada en carreteras. En el caso de desmontes en roca, la categoría de la explanada areniscas es la E-3, mientras que sobre las lutitas se requerirá la extensión de un firme seleccionado.
- . Obras subterráneas. Se encuadran entre la Clase III (Calidad Media) y Clase IV (Calidad Mala) de la Clasificación de Bieniawski (1979), jugando un papel importante la orientación de la estratificación y el grado de diaclasado

### Zona III<sub>3</sub>

#### - Características Geológico-Geotécnicas

Estos materiales ocupan gran parte de los afloramientos de la Hoja., configurando una buena parter de los relieves en ocasiones algo deprimidos que rodean y/o configuran la depresion de Sangüesa asi como los alrededores de Javier.

Se trata de una unidad detritica, formada fundamentalmente por lutitas rojas y ocre que intercalan niveles areniscosos de poca entidad, es decir de escasa o poca continuidad lateral.

#### Características constructivas :

. Cimentación

Con los valores que se disponen de ensayos de laboratorio y aplicando los diferentes Códigos y Normas, se puede ejercer cargas admisibles entre 1,5 y 3 Kp/cm<sup>2</sup>, esperandose asientos de consolidación a largo plazo.

. Excavabilidad

Son materiales facilmente excavables.

. Estabilidad de taludes

Los taludes son estables, aunque pueden llegar a producirse puntualmente deslizamiento. En taludes artificiales se puede producir un deterioro progresivo del mismo.

. Aptitud para explanadas de carreteras

En general no son aptos, debiendose proceder a mejorar la explanada con la extensión de material seleccionado.

Zona III<sub>4</sub>

- Características Geológico-Geotécnicas

Se localizan estos materiales al sur de Sangüesa, constituyendo una gran parte del relleno de dicha depresion. Se trata de un conjunto heterogeneo formado por lutitas ocreas, margas y margocalizas grises de aspecto tableado que en ocasiones intercalan areniscas de espesor decimetrico a metrico.

Características constructivas :

. Cimentación

En función de los valores de resistencia al corte y resistencia a compresión simple; se han estimado las presiones admisibles que se pueden aplicar. Se estima una profundidad de

cimentación mínima entre 1,5 y 2 metros, se pueden aplicar presiones admisibles entre 1,3 y 3 Kp/cm<sup>2</sup>, cálculo efectuado para una zapata corrida de 0,5 a 2 m de ancho.

Por su parte, en el sustrato margoso, de ambas formaciones y utilizando los criterios del Código de Práctica Británico, se pueden aplicar presiones admisibles entre 6 y 8 Kp/cm<sup>2</sup>.

Entre los problemas de cimentación pueden considerarse :

- Variación del horizonte alterado; que pueden provocar asientos diferenciales.
- Alterancia de materiales detríticos, que da lugar a una heterogeneidad en las condiciones geotécnicas.
- Presencia ocasionalmente de sulfatos, que obliga a la utilización de hormigones especiales.
- Presencia de niveles de areniscas, calizas y microconglomerados, que pueden dificultar la excavación.

#### . Excavabilidad

Los materiales que constituyen perfiles de alteración son fácilmente excavables, mientras que el sustrato margoso presenta variaciones entre ripable y no ripable.

#### . Estabilidad de taludes

Los taludes naturales son estables, con pequeñas inestabilidades debido al diferente grado de competencia entre estratos.

En los taludes artificiales que se efectúan en las margas se producirán un deterioro progresivo del talud, por alteración del material.

#### . Aptitud para explanada de carreteras

Normalmente son suelos E-2, no aptos para explanada, por lo que precisarán la extensión sobre ellos de una explanada mejorada.

### Zona III<sub>5</sub>

#### - Características Geológico-Geotécnicas<sub>5</sub>

Se localiza al sur de la Hoja formando parte de los relieves más altos de las sierras de San Pedro y Gallipienzo. Un buen corte de esta unidad se tiene en el valle del Aragón. Esta zona se define por la presencia de conglomerados calcáreos masivos, en ocasiones de espesor métrico y potentes niveles de areniscas fuertemente cementadas por carbonato cálcico que destacan sobre el paisaje.

La característica principal, es su elevada cementación y aspecto masivo, lo que hace que se comporten como una verdadera roca. No se dispone de ensayos en este tipo de materiales. Las observaciones de campo permiten identificar esta roca como de dureza elevada.

Cualquier estudio de detalle que precise la definición geomecánica del macizo rocoso deberá atender a la caracterización completa de las discontinuidades.

#### Características constructivas :

##### . Cimentación :

De acuerdo con los valores orientativos que de la norma DIN 1054 y el Código inglés, se pueden alcanzar presiones admisibles superiores a 30 Kp/cm<sup>2</sup>.

##### . Excavabilidad

Son materiales no ripables, debiéndose emplear explosivos para su excavación.

##### . Estabilidad

Los taludes naturales son estables, la estabilidad de los artificiales vendrá condicionada por sus discontinuidades. Existe la posibilidad de caída de bloques.

##### . Aptitud para prestamos

Inadecuada por su dificultad de extracción

. Aptitud para explanada de carreteras.

No aptos. Se podría conseguir una explanada E-3.

### Zona III<sub>6</sub>

#### - Características Geológico-Geotécnicas

Está constituida por una alternancia de areniscas y lutitas, en disposición subhorizontal o con buzamientos muy suaves y de edad-Mioceno inferior, que afloran en el cuadrante suroccidental de la Hoja en los alrededores de Ujúe.

Las lutitas se presenta en estratos de espesor variable alcanzando varios metros de espesor. Las areniscas son de grano medio a grueso, y se encuentran cementadas por  $\text{CaCO}_3$ , aflorando de forma bastante continua a modo de lentejones métricos a decamétricos, y en capas discontinuas de 3-5 m de espesor y de gran longitud, generalmente de decamétrica a hectométrica..

La meteorización prácticamente no va a afectar a las areniscas. Sin embargo, en las lutitas va a producir cambios de color y pérdida de compactación, disminuyendo su compactación natural, y por tanto, aumentando su erosionabilidad. El tránsito entre roca sana y alterada es transicional.

En general, la permeabilidad de la unidad es baja, debido al carácter impermeable de las lutitas y a la escasa porosidad eficaz de las areniscas a causa de su cementación. No obstante, estas últimas a nivel superficial, y hasta una profundidad del orden de 10 m presentan una permeabilidad mayor, debido a la fracturación y presencia de diaclasado.

La característica fundamental del macizo rocoso que constituye esta zona, es la alternancia de materiales de diferente litología (y por tanto, diferente comportamiento mecánico), es decir duros y blandos, en estratos y capas de espesor variable, factores estos que condicionan decisivamente el comportamiento geomecánico del conjunto.

- Características constructivas

a. Condiciones de cimentación.

La Norma DIN 1054 y el Código Británico establecen presiones admisibles del orden  $20 \text{ kp/cm}^2$ , valores estos que deben reducirse a la mitad cuando el espesor de los tramos lutíticos aumenta o la disposición de la estratificación y grado de diaclasado son desfavorables. Se estima que la capacidad portante de estos materiales se sitúa entonces entre 6 y  $10 \text{ kp/cm}^2$ , valores suficientes para el caso de edificios habituales en los que las cargas proyectadas son inferiores a  $3 - 4 \text{ kp/cm}^2$ .

El tipo de cimentación será en general superficial, previa eliminación del horizonte de alteración. Es de esperar la presencia de asientos diferenciales y fenómenos de punzonamiento debido a la intercalación de niveles lutíticos blandos entre los paquetes de areniscas.

b. Condiciones para obras de tierra.

. Excavabilidad. En general, son materiales Duros, por lo que su excavación precisa el empleo de explosivos. Las lutitas alteradas son fácilmente excavables.

. Estabilidad de taludes. La disposición estructural de los materiales favorece la estabilidad de los taludes, por lo que en principio no se observa ningún fenómeno de inestabilidad. Por otra parte la naturaleza de las areniscas en cuanto a sus parámetros resistivos y disposición alternante no favorece la aparición de deslizamientos, no pudiendo decir lo mismo de las lutitas, donde si son posibles pequeños deslizamientos dada la naturaleza de las mismas.

Únicamente existe riesgo de caída de bloques en los resaltes areniscos en aquellas zonas donde existan escarpes pseudoverticales o en voladizo por descalce de los niveles lutíticos inferiores.

- . Empuje sobre contenciones. Bajos para las lutitas, no siendo necesarios para las areniscas.
- . Aptitud para préstamos. Los niveles arcillosos se consideran No Aptas para su uso en terraplenes y pedraplenes. Los niveles de areniscas, constituyen por el contrario, Terrenos Adecuados.
- . Aptitud para explanada en carreteras. En el caso de desmontes en roca, la categoría de la explanada areniscas es la E-3, mientras que sobre las lutitas se requerirá la extensión de un firme seleccionado.
- . Obras subterráneas. Se encuadran entre la Clase III (Calidad Media) y Clase IV (Calidad Mala) de la Clasificación de Bieniawski (1979), jugando un papel importante la orientación de la estratificación y el grado de diaclasado

### **5.3.4.3. Área IV**

#### Zona IV<sub>2</sub>

##### - Características Geológico-Geotécnicas

Esta Zona está definida por depósitos cuaternarios relacionados con procesos de gravedad y corto transporte por agua, tales como, coluviones, canchales y deslizamientos. Los coluviones se sitúan a pie de ladera y también a media ladera, favorecidos por la construcción de muros de mampostería para evitar procesos erosivos y lograr superficies planas de cultivo. Los canchales aparecen a pie de los principales escarpes, y las masas deslizadas de alta pendiente y sobre litologías blandas (recubrimientos superficiales y zonas de alteración) o alternantes.

Están formados por arcillas limosas o areniscas con abundantes cantos y gravas de materiales carbonatados y areniscosos que se presentan sueltos, sin ningún tipo de cementación. En el caso de los canchales se trata de una acumulación de bloques muy heterométricos, sin apenas elementos finos. Merecen mención especial las masas deslizadas, que se forman a partir de recubrimientos coluvionares, zonas de alteración superficial y litologías blandas o alternantes.

Aunque en conjunto son depósitos relativamente frecuentes, poseen un reducido espesor (3-7 m) y carácter errático.

- Características geotécnicas

Se trata de depósitos escasamente consolidados, donde los problemas geotécnicos están condicionados con la disposición geomorfológica y estratigráfica de los materiales. En esta ocasión se dispone de ensayos geotécnicos procedentes de catas realizadas en depósitos coluvionares. A continuación se describen los valores más significativos.

**Cuadro Resumen de Características Geotécnicas**

Humedad	20,5 %
Contenido en Finos (<0.08mm)	80,4 %
Límite Líquido (WL)	28,1-40,4
Índice de Plasticidad (IP)	12,3-19,2
Densidad PROCTOR	1,86 gr/cm <sup>3</sup>
Humedad PROCTOR	12,7 %
CBR 100 % Densidad PROCTOR	14
Clasificación de Casagrande	GC-CL
Contenido en Sulfatos	0,01 %
Ángulo de Rozamiento interno (Ø)	38°

En base a los datos existentes, los materiales analizados están constituidos por suelos limo-arcillosos de baja plasticidad, que presentan un cierto contenido en grava y arena. Presentan consistencia media, baja capacidad portante, y un valor alto en el índice CBR, por lo que su comportamiento en explanadas puede calificarse como aceptable.

Desde un punto de vista hidrogeológico, carecen en conjunto, de un nivel freático continuo.

- Características constructivas

- a. Condiciones de cimentación. Se consideran cargas admisibles entre 1,5-2,5 Kp/cm<sup>2</sup>. En general, se debe cimentar sobre el sustrato rocoso,



mediante cimentación superficial o semiprofunda por pozos, todo ello en función de la profundidad de los materiales, con el fin de evitar posibles fenómenos de inestabilidad, sobre todo en áreas con pendientes apreciables. Hay que prestar atención al contenido en humedad ante las posibilidad de cambios volumétricos.

b. Condiciones para obras de tierra.

- . Excavabilidad. Se consideran Terrenos Medios; su excavación puede realizarse por medios mecánicos sin dificultad.
- . Estabilidad de taludes. Constituyen depósitos no consolidados estables en condiciones naturales si no se alteran sus condiciones de equilibrio.
- . Empuje sobre contenciones. En general, serán de tipo Medio.
- . Aptitud para préstamos. Previa eliminación de la cubierta vegetal, constituyen suelos Marginales, o incluso Adecuados.
- . Aptitud para explanada en carreteras. En desmontes definen explanadas tipo E-0 ó E-1.
- . Obras subterráneas. Debido a su reducido espesor, este tipo de obras afectarán a materiales del sustrato. No obstante, para obras de pequeña envergadura, nos encontraremos con Terrenos Dificiles, que en principio precisarán entibación total.

Zona IV<sub>3</sub>

- Características Geológico-Geotécnicas

Constituyen los depósitos fluviales y aluviales de los principales valles y barrancos, y depósitos poligénicos, representados por conos de deyección, depósitos de fondo de valle, cauces abandonados y activos, terrazas, glacis de cobertera y glacis de acumulación. Están formados por gravas y cantos de naturaleza calcárea y cuarcítica, arenas, limos y arcillas. Su proporción y

distribución es muy variable, aumentando la proporción de finos en los depósitos de fondo de valle. La naturaleza de la fracción gruesa depende del área de procedencia.

- Características geotécnicas

Se trata de materiales poco consolidados, donde los problemas geotécnicos están condicionados a su disposición geomorfológica y estratigráfica. Se dispone de ensayos geotécnicos procedentes de catas realizadas sobre tramos arcillosos de terrazas aluviales y depósitos de glaciares en la vecina Hoja 173. A continuación se resumen los valores más representativos:

**Cuadro Resumen de Características Geotécnicas**

Contenido en Grava (>5mm)	5/65 %
Contenido en Arena (5-0.08mm)	20/20 %
Contenido en Finos (<0.08mm)	75/15 %
Límite Líquido (WL)	28/-
Límite Plástico (WP)	16/No plástico
Índice de Plasticidad (IP)	12/-
Clasificación de Casagrande	CL/GW-GM
Densidad Máxima Proctor Normal	1,8/2,13 gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Óptima Proctor Normal	15/7 %
Ángulo de Rozamiento Interno ( $\phi$ )	30,5/40 °
Cohesión (C')	1,0/2,20

En esta Zona hay que evaluar el riesgo potencial de inundaciones y avenidas debido a precipitaciones importantes concentradas. Presentan una permeabilidad variable entre alta (detríticos gruesos) y baja (áreas con alto contenido en finos), y un nivel freático continuo y somero.

- Características constructivas

- a. Condiciones de cimentación. Para el conjunto de los materiales que definen la Zona, se estima una capacidad portante variable entre 1 y 3,5 Kp/cm<sup>2</sup>, dependiendo de que se trate de un limo de consistencia más o

menos rígida o una grava de compacidad alta, y de la presencia o ausencia de nivel freático.

El tipo de cimentación será superficial, salvo cuando no se reúnan las condiciones anteriores, las cargas proyectadas sean superiores a las dadas, en el caso de depósitos aluviales (con alto riesgo de avenidas), que será necesario encontrar niveles profundos más resistentes (incluso el sustrato). En estos casos, el tipo de cimentación será semiprofunda.

Los condicionantes geotécnicos más importantes estarán relacionados con la posición del nivel freático, que puede dar lugar a subpresiones y fenómenos de inestabilidad en excavaciones y obras, así como agotamientos importantes. Por otro lado, la presencia de intercalaciones de arcillas blandas puede provocar asentamientos diferenciales no admisibles.

b. Condiciones para obras de tierra.

- . Excavabilidad. Constituyen Terrenos Medios, su excavación puede efectuarse por medios mecánicos sin dificultad.
- . Estabilidad de taludes. La estabilidad del talud dependerá de la profundidad del nivel freático y del tipo unidad morfológica. En general, para alturas superiores a 3 m pueden proyectarse taludes 3H: 4V. De manera ocasional, pueden producirse pequeños desprendimientos de cantos de escasa relevancia en los bordes de taludes subverticales.
- . Empujes sobre contenciones. Serán de tipo Medio. En zonas de gravas varían de Altos a Bajos en función de la profundidad del nivel freático.
- . Aptitud para préstamos. En general, constituyen Terrenos Marginales. Los tramos de gravas se consideran Aptos, si bien precisan una clasificación que elimine los tamaños gruesos (8-10 cm).

. Aptitud para explanada en carreteras. Para constituir explanadas de tipo E-1 en desmontes en roca, precisan sobre ellos la extensión de 50 cm de Suelo Adecuado (ej.: grava clasificada).

. Obras subterráneas. Las obras subterráneas de envergadura afectan al sustrato. Sin embargo en obras de menor diámetro (conducciones subterráneas) encontrarán Terrenos Dificiles, según lo establecido en la metodología, que precisarán entibación total.

## 6.- BIBLIOGRAFIA

ADAN DE YARZA, R.

1918

Descripción físico-geológica del País Vasco-Navarro. Geografía General del País Vasco Navarro.

T.1., pp. 1-86. 49 fig., 1 mapa geol. 1:800.000, Barcelona

ADARO

1988

Investigación y evaluación de mineral en el área de Javier-Los Pintano.

Informe para Potasas de Subiza, S.A.

ARENAS, C.; PARDO, G.; VILLENA, V.

1990

Las unidades tectosedimentarias del margen septentrional de la Depresión del Ebro en el sector Luesia-Riglos

Geogaceta nº 8 pp. 92-94

AZANZA, B.; CANUDO, J.L.; CUENCA, G.

1988

Nuevos datos bioestratigráficos del Terciario continental de la Cuenca del Ebro

II Congreso Geológico de España, Granada, vol. 1. pp. 261-264.

BARNOLAS, A.; SAMSO, J.M.; TEIXELL, S.A.; TOSQUELLA, J. Y ZAMORANO, M.

1991

Evolución sedimentaria entre la cuenca de Graus-Tremp y la cuenca de Jaca-Pamplona.

I Congreso Grupo Español del Terciario, Libro-Guia Excursión n 1, Vic, 1991, 123 pp.

BARNOLAS, A. y TEIXELL, A.

1992

La cuenca surpirenaica de Jaca como ejemplo de cuenca de antepaís marina profunda con sedimentación carbonática en el margen distal.

Simposio sobre Geología de los Pirineos, III Congr. Geol. de Esp. Salamanca 9 pp.

BRAITSCH

1971

Salts deposits. Their origin and composition.

Springer-Verlag, 297 pp.

C.G.S.

1990

Estudio hidrogeológico de la unidad sur. Sector de Subiza-Guirguillano

Informe para el Gobierno de Navarra

CAMARA, P.; KLIMOWITZ, J.

1985

Interpretación geodinámica de la vertiente centro-occidental surpirenaica

Estudios geológicos nº 41 391-404.

CANUDO, J.L.; MOLINA, E.; RIVELINE, J.; SERRA-KIEL, J. y SUCUNZA, M.

1988

Les événements biostratigraphiques de la zone prépyréenne d'Aragon (Espagne), de l'Eocène moyen a l'Oligocène inférieur.

Rev. de Micropl., 31.

CASTIELLA, J.; SOLE, J. y DEL VALLE J.

1978

Memoria Explicativa de la Hoja 1:200.000. Mapa Geológico de Navarra.

Servicio Geológico, Diputación Foral de Navarra.

CASTIELLA, J.; SOLE, J.; NINEROLA, S.; OTAMENDI, A.

1982

Las aguas subterráneas en Navarra. Proyecto hidrogeológico

Diputación Foral de Navarra, 230 pp.

CAVELIER, C.

1968

L'Eocène supérieur et la base de L'Oligocène en Europe occidentale

Memoire du BRGM, Colloque sur L'Eocène.

CIRY, R.

1951

Observations sur le Crétacé de la Navarre espagnole au nord-ouest de Pamplone.  
C.R. Acad. Sc., 233, pp. 72-74, Paris.

CIRY, R. y MENDIZABAL, J.

1949

Contribution á l'etude du Cenomanien et du Turonien des confins septentrionaux des provinces de Burgos, d'Alava et Navarra.

Ann. Hebert et Hang (livre Jub. Charles Jacob). T.7, pp. 61-79

COLOM, G.

1945

Estudio preliminar de las microfaunas de foraminiferos de las margas eocenas y oligocenas de Navarra.

Est. Geol. nº 2 pp. 33-84. Madrid.

CRUSAFONT, M.; TRUYOLS, J.; RIBA, O.

1966

Contribución al conocimiento de la estratigrafía del Terciario continental de Navara y Rioja  
Not. y Com. del IGME, num. 90, pp 53-76.

CHAVEZ, A.; NEURDIN, R.; MAROCCO, J.; DELFAUD, J.

1985

Sedimentary organization of the upper Eocene deep sea fan (Tubiditas de Yesa) of Sangüesa 6th Europ Meeting of Sedimentology IAS-Lleida 84-87.

DEL VALLE, A.

1932

Descubrimiento de la cuenca potásica de Navarra

Notas y comunicaciones del IGME, vol. IV.

DEL VALLE, J.

1993

Acuíferos de la Cuenca de Pamplona

Inédito

DEL VALLE, J. y PUIGDEFABREGAS, C.

1978

Mapa Geológico de España. E. 1:50.000, 2ª ser., Hoja nº 141. Pamplona

IGME

DELFAUD, J.

1969

Essais sur la géologie dynamique du domaine aquitano-pyrénéen durant le Jurassique et le Crétacé supérieur.

Thèse Fac. Sc. Bordeaux, 5 vol., 820 pp.

DONEZAR, M.; ILLARREGUI, M.; DEL VAL, J. y DEL VALLE DE LERSUNDI, J.

1990

Mapas de erosión actual y erosión potencial en Navarra, a escala 1:200.000.

Inst. Suelo y Conc. Parc. de Navarra y I.T.G.E.

ESTRADA, M.R.

1982

Lóbulos deposicionales de la parte superior del Grupo de Hecho entre los anticlinales de Boltaña y el río Aragón (Huesca).

Tesis Doctoral. Univ. Autónoma de Barcelona, 164 pp.

FACI, E.; CASTIELLA, J.; DEL VALLE, J.; GARCIA DE DOMINGO, A.; DIAZ DE NEIRA, A.; SALVANY, J.M.; CABRA, P. y RAMIREZ, J.

1992

Mapa Geológico de Navarra a escala 1:200.000

Gobierno de Navarra.

FRUTE J.Y.

1988

Le rôle de l'accident d'Estella dans l'histoire géologique du Crétacé supérieur à Miocène de Navarra-Alavais.

These. Université de Pau

GARCIA SANSEGUNDO, J.

1991

Estratigrafía y estructura de la Zona Axial Pirenaica en la transversal del Valle de Arán y Alta Ribagorza



Tesis Doctoral. Univ. de Oviedo.

GARCIA SIÑERIZ, J.

1943

La cuenca potásica surpirenaica. C.S.I.C. Primera Reunión del Patronato de la Estación de Estudios Pirenaicos.

Agosto 1943, p. 37-52

HERNANDEZ, A.; RAMIREZ, J.I.; RAMIREZ DEL POZO, J. y PUIGDEFABREGAS, C.

1987

Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Ser., Hoja nº 173 Tafalla.

IGME.

HERNANDEZ SAMPELAYO, P.

1933

El flysch en Yesa, Navarra . Comunicados del IGME.

HOTTINGER, L.

1961

Acerca de las Alveolinas paleocenas y eocenas

N. y C. IGME, nº 64, p. 37, Madrid.

IGME

1973

Mapa Geológico a escala 1:50.000 nº 175. Sigües

2ª Serie

IGME

1978

Mapa Geológico a escala 1:50.000 nº 142. Aoiz.

2ª Serie

IGME

1987

Mapa Geológico a escala 1:50.000 nº 174. Sangüesa

2ª Serie

IGME

1987

Contribución de la exploración petrolífera al conocimiento de la geología de España

LABAUME, P.

1983

Evolution tectono-sédimentaire et mégaturbidites du bassin turbiditique éocène sud-pyrénéen.

These 3<sup>ème</sup> cycle, USTL, Montpellier, 170 p.

LABAUME, P.; MUTTI, E.; SEGURET, M. Y ROSELL, J.

1983

Mégaturbidites carbonatées du bassin turbiditique de l'Eocène inférieur et moyen sud-pyrénéen.

Bull. Soc. Géol. France, (6), 25 pp.

LABAUME, P.; MUTTI, E.; Y SEGURET, M.

1987

Mégaturbidites : A Depositional Model From the Eocene of the SW-Pyrenean Foreland Basin Geo-Marine. Letters 7 pp. 91-101.

LABAUME, P., SEGURET, M. y SYEVE, C.

1985

Evolution of a turbidite foreland basin and analogy with an accretionary prism : Example of the Eocene South-Pyrenean basin.

Tectonics 4 pp. 661-68.

LAMARE, P.

1927

Sur la structure des Pyrénées navarraises.

C.R. XIV<sup>o</sup> Congr. Geol. Intern., T. 2, p. 693-698, Madrid.

LAMARE, P.

1931

Sur l'âge des couches à faciès flysch de la zone sudpyrénéenne en Navarre.

C.R. Somm. S.G.F., 4 mai 1931, 9-10, 107-109, Paris.

LEON, I.; MARROCCO, R.; NEURDIN, J.; DELFAUD, J.

1985

The tidal-flat of the Sangüesa zone, Uppermost Eocene (Areniscas de Liedena Formation) of the South Pyrenean Basin of Jaca-Pam.

6th European Reg. Meeting of Sediment. IAS, Lleida-85, pp.248-251 (Abstract.)

LEON, L.

1972

Síntesis paleogeográfica y estratigráfica del Paleoceno del Norte de Navarra. Paso al Eoceno. Bol. Inst. Geol. Min. España t. 83, pp. 234-241, Madrid.

LEON, L.; PUIGDEFABREGAS, C.; RAMIREZ DEL POZO, J.

1971

Variaciones sedimentarias durante el Eoceno medio en la Sierra de Andía (Navarra)

Acta Geol. Hispanica T. 4, vol. 2, pp. 36-41.

LEON, L.

1985

Etude sedimentologique et reconstitution du cadre geodynamique de la sedimentation detritique fini Eocene-Oligocene sud Pyrweneen.

These. Universite de Pou.

MANGIN, J.P.

1960

Le Nummulitique sudpyrénéen á l'Ouest de l'Aragon

Pirineos, 51-58, 631 pp, 113 figs. 19 pls., 1 carte géol. au 1:200.000, Zaragoza

MANGIN, J.P.

1965

Le segment Basco-Aragonais du Front Sud-Pyrénéen

Actes IV Congrès Intern. Etudes Pyrénéens y -Lourdes, 11-16, Set. 1962, 1 (1), pp. 69-73, 1 fig., Toulouse.

MENDIZABAL y CINCUNEGUI, M..

1932

Nota acerca de la extensión del Oligoceno en Navarra

Información de carácter geológico, 2ª Región N. y C. del IGME, núm. 4. pp. 140-142.

MENSUAS, S.

1960

La Navarra media oriental. Estudio geográfico.

Inst. Príncipe de Viana, Dep. Geol. Aplic. Zaragoza, Serv. Reg. 8, 186, pp., 40 figs. y 25 lámins.

MUTTI, E.; LUTERBACHER, H.; FERRER, J. Y ROSELL, J.

1972

Schemas stratigrafico e lineament. facies del paleog. marino della zona cent. Sudpirenaica tra Tremp (Catalogna) e Pamplona (Nav.).

Mem. Soc. Gel. Ital., 11 : 391-416.

MUTTI, E.; REMACHA, E.; SGAVETTI, M.; ROSELL, J.; VALLONI, R. y ZAMORANO, M.

1985

Stratigraphy and facies characteristics of the Eocene Hecho Group turbidite systems. South-central Pyrenees.

In : M.D. Milá y J. Rosell eds : 6th European Regional Meeting I.A.S. y Lleida.

ORTI CABO, F.; ROSELL ORTIZ, L. y PUEYO MUR, J.J.

1984

Cuenca evapor. (potásica) surpir. del Eoc. sup. Aportac. para una interpr. depositic. Libro Homenaje a L. Sánchez de la Torre.

Publicaciones de Geología, nº 20. Universitat Autònoma de Barcelona, p. 209-231.

ORTI, F.; SALVANY J.M.; ROSELL, L.; PUEYO, J.J.; INGLES, M.

1986

Evaporitas antiguas (Navarra) y actuales (Los Monegros) de la Cuenca del Ebro.

Guia de las Excursiones del XI Congreso Español de Sedimentología. Barcelona.

ORTI CABO, F.; SALVANY, M.

1986

Programa de investigación de las formaciones evaporíticas en Navarra. Memoria proyecto.

Gob. Navarra Vol. 1, Est. Geol. 121 pp.; Vol. 2 Est. Geoecon., 125 pp., 2 anejos (inédito).

ORTI CABO, F.; PUEYO MUR, J.; ROSELL ORTIZ, L.

1985

La halite du bassin potassique sud-pyrénéen (Eocene supérieur)

Bull. Soc. Geol. France, t.l.

n° 6.

PAYROS, A.; ORUE ETXEBARRIA, X.; BACETA, J.J. y PUJALTE, V.

1994

Las “megaturbiditas” y otros depósitos de resedimentación carbonatada a gran escala del Eoceno surpirenaico: Nuevos datos del área de Urrobi - Ultzama (Navarra).

Geogaceta n° 16, pp.90-94.

PELUG, R.

1973

El diapiro de Estella (traducción de J. GOMEZ DE LLARENA)

Rev. MUNIBE. Soc. Cien. Nat. ARANZADI, año XXV, núm. 2-4 pp. 171-202, San Sebastián.

PLAZIAT, J.C.

1969

La transgr. de l'Eocene moyen en Haut Arag. et Nav. et son rôle dans la defin. des grandes ensembles struct. en domaine subpy.

94° Cong. National del Societe savants. Pau 1969. Sciences vol. 2, pp. 293-304.

PUIGDEFABREGAS

1975

La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca

Tesis Doctoral. Revista Pirineos, n° 104

PUIGDEFABREGAS, C. y SOLER, M.

1973

Estructura de las Sierras Exteriores Pirenaicas en el corte del río Gallego (prov. de Huesca).

Pirineos, 109 : 5-15.

PUIGDEFABREGAS, C. : MUÑOZ, J.A. y MARZO, M.

1986

Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequences in the southern foreland basin.

In: P.A. Allen y P. Homewood (eds). Foreland Basins Secp. Publ. Int. Ass. Sediment., 8.

RAMIREZ DEL POZO, J.

1971

Bioestratigrafía y microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España (región cantábrica)

Mem. Inst. Geol. M.E. 78 (3 vol.) 357 p., 141 lám., Madrid.

RAMIREZ DEL POZO, J.

1986

Informe micropaleontológico de la Hoja a escala 1:50.000 nº 174. Sangüesa. MAGNA.

Documentación complementaria.

REMACHA, E.

1983

Sand tongues de la Unidad de Broto (Grupo de Hecho) entre el anticlinal de Boltaña y el Rio Osca (Prov. de Huesca).

Tesis Doct. Univ. Autónoma de Barcelona, 163 p.

REMACHA, E.; ARBUÉS, P. y CARRERAS, M.

1987

Preciones sobre los límites de la secuencia deposicional de Jaca. Evolución de las facies desde la base de la secuencia hasta el techo de la arenisca de Sabiñánigo.

Bol. Geol. y Min. 98, pp 40-48.

REMACHA, I. y PICART, J.

1991

El complejo turbidítico de Jaca y el delta de la arenisca de Sabiñánigo. Estratigrafía. Facies y su relación con la tectónica.

I Congreso del Grupo Español del terciario, Libro Guía excursión nº 8. Vic. 117 pp.

RIBA, O. y PEREZ MATEOS, J.

1962

Sobre una inversión de aportes sedimentarios en el borde Norte de la cuenca Terciaria del Ebro (Navarra)

II Reunión del Grupo Español de Sedimentología. Sevilla.

RIOS, J.M.

1963

Materiales salinos del suelo español

IGME, Mem. 64, 161 pp.

RIOS, J.M.; ALMELA, A. y GARRIDO, J.

1944

Datos para el conocimiento estratigráfico y tectónico del Pirineo Navarro

Notas y com. Inst. Geol. y Min. España. 13 (1944) : 141-164; 14 (1945) : 139-198; 16 (1946) : 57-119.

ROBADOR, A.

1990

Early Stratigraphy

In : Introduction to early Paleogene of the South Pyrenean basin. Field Trip guidebook. I.G.C.P. Project 286 (Early Paleogene Benthos). IUGS-UNESCO, Chap. 2.

ROBADOR, A.; SAMSO, J.M.; SERRA-KIEL, J y TOSQUELLA, J.

1990

Field Guide. In. Introduction to the early Paleogene of the south Pyrenean basin. Field Trip Guidebook.

L.G.C.P. Project 286 (Early Paleogene Benthos), IUGS-UNESCO, Chap 4, pp 131-159

ROJAS, B.; FERNANDEZ VARGAS, E. y LATORRE, E.

1973

Investigación de la Reserva de Potasas surpirenaicas. ENADIMSA..

ROSELL ORTIZ, L. y ORTIZ CABO, F.

1980

Presencia de analcima y observ. diagenét. en la anhidrita basal de la cuenca potás. de Nav. (Eoceno sup., cuenca del Ebro, España).

Rev. Inst. Inv. Geol. Dip. Barcelona, 34: 223-235.

ROSELL ORTIZ, L. y ORTI CABO, F.

1981

The Saline (Potash) Formation of the Navarra Basin (Upper Eocene, Spain).  
Petrology. Rev. Inst. Inv. Geol. Dip. Prov. Barcelona, 35 : 71-121.

ROSELL ORTIZ, L. y PUEYO MUR, J.J.

1984

Características geoquímicas de la formación de sales potásicas de Navarra (Eoceno superior).

Comparación con la cuenca potásica catalana. Acta Geol. Hispánica, 19:81-95.

ROSELL, J. y PUIGDEFRABREGAS, C.

1975

The sedimentary evolution of the Paleogene south Pyrenean basin.

IAS 9 th. International Congress. Nice, July 1975.

ROSELL ORTIZ, J.

1983

Estudi petrològic, sedimentològic i geoquimic de la formació de sals potàssiques de Navarra (Eocé superior).

Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona, 321 p.

RUPKE, N.A.

1976

Sedimentology of very thick calcarenite-marlestone beds in a flysch succession, southwestern Pyrenees

Sedimentology 23.

SEGURET, M.; LABAUME, P y MADARIAGA, R.

1984

Eocene seismicity in the Pyrenees from megaturbidites in the south-Pyrenean Basin (Nord Spain).

Mr. Geol., 5 pp. 117-131.

SOLE SEDO, J.

1972

Formación de Mues : Litofacies y procesos sedimentarios



Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias de la Universidad de Barcelona (inédita).

SOLER, M. y PUIGDEFRABREGAS, C.

1970

Líneas generales de la geología del Alto Aragón Occidental

Pirineos, 96

SOUQUET, P.

1967

Le Crétace Supérieur sud-pyrénéen en Catalogne, Aragon et Navarre

Thèse Doct. Sc. Nat. Arch. Orig. Centre Docum. C.N.R.S. Nr. 1.351, 488 p., 13 cartes, 86 pl.,

Toulouse 1967 (édit privat., 529, p., 29 pl. Toulouse, 1967).

TEIXELL CACHARO, A.

1992

Estructura Alpina en la transversal de la terminación occidental de la zona Axial Pirenaica.

Tesis Doctoral, Departamento de Geología Dinámica, Geofísica y Paleontología.

Facultad de Geología, Universitat de Barcelona.

TURNER, J.P. & HANCOLK, L.

1990

Relationships between thrusting and joint systems in the Jaca thrust-top, Spanish Pyrenees.

Journ. struct. Geol. Vol. 12, nº 2, pp 217-226

VAIL, P.R.; AUDEMARD, F.; EISNER, P.N. % PEREZ CRUZ, G.A.

1990

Stratigraphic signatures separating tectonic, eustatic and sedimentologic effects on sedimentary sections.

AAPG Annual Convention, San Francisco. AAPG. Bul.

VAN DE VELDE, E.

1967

Geology of the Spanish Pyrenees, North of Canfranc, Huesca province.

Est. Geol.



## INDICE

### 0. INTRODUCCIÓN

### 1. ESTRATIGRAFIA

#### 1.1. Terciario continental.

##### 1.1.1. Oligoceno.

1.1.1.1. Lutitas ocre con algunas intercalaciones de areniscas (26) “Areniscas y lutitas de Sangüesa. Sueviense-Arverniense inferior.

1.1.1.2. Areniscas y lutitas ocre (28), Lutitas ocre y areniscas (29) y, Alternancia de areniscas y lutitas ocre (30). “Areniscas y lutitas de Rocaforte”. Arverniense inferior.

1.1.1.3. Lutitas ocre con algunas intercalaciones de areniscas (31) y Areniscas y limos ocre (33). “Lutitas y areniscas de Ayesa”. Arverniense.

1.1.1.4. Lutitas ocre, areniscas, margas y calizas margosas grises. Lutitas, calizas y margas de Eslava” (32). Arverniense inferior.

1.1.1.5. Areniscas grises. “Areniscas de Aibar” (34). Arverniense superior.

1.1.1.6. Alternancia de areniscas y lutitas ocre (35). Arverniense superior.

1.1.1.7. Areniscas y lutitas ocre (36) y Alternancia irregular de lutitas ocre y areniscas (37). “Areniscas y lutitas de Uzquita” Arverniense superior.

1.1.1.8. Areniscas con intercalaciones de lutitas ocre y rojas. “Areniscas y lutitas de San Zoilo” (38). Arverniense superior-Ageniense.

##### 1.1.2. Mioceno.

- 
- 1.1.2.1. Conglomerados y areniscas (39).  
Conglomerados de Gallipienzo y Alternancia de areniscas y lutitas ocre y rojas. (40). Ageniense.
  - 1.1.2.2. Conglomerados y areniscas con intercalaciones de lutitas rojas. Conglomerados de la Sierra de San Pedro (41). Ageniense.
  - 1.1.2.3. Areniscas y lutitas y ocre. (42). Ageniense.
  - 1.1.2.4. Areniscas y lutitas ocre. (Areniscas y lutitas de Ujué). (43). Ageniense superior-Aragoniense inferior (Orleaniense).

1.1.3. Análisis secuencial y paleogeográfico del Terciario continental.

1.2. Cuaternario.

1.2.1. Pleistoceno.

- 1.2.1.1. Gravas, arenas y lutitas con cantos y bloques. Glacis de acumulacion (46). Pleistoceno.
- 1.2.1.2. Areniscas con cantos. Glacis de cobertura. (47). Pleistoceno.
- 1.2.1.3. Gravas, arenas y lutitas con cantos y bloques. Terrazas. (50 a 52). Pleistoceno-Holoceno.

1.2.2. Holoceno.

- 1.2.2.1. Lutitas con cantos y bloques en ocasiones cementados. Conos aluviales (53) Holoceno.
- 1.2.2.2. Cantos y bloques a veces algo cementados. Canchales y coluviones de cantos. (55). Holoceno.
- 1.2.2.3. Lutitas con cantos y bloques. Coluviones (56). Holoceno.
- 1.2.2.4. Lutitas y cantos. Aluvial-Coluvial (57) Holoceno.
- 1.2.2.5. Lutitas, arenas y cantos. Fondos de valle (58). Holoceno.
- 1.2.2.6. Gravas arenas y limos. Cauces abandonados (61). Holoceno.
- 1.2.2.7. Gravas arenas y cantos. Cauces activos (63). Holoceno.

## 2. **TECTÓNICA**

2.1. Consideraciones generales.

2.2. Descripción de las principales estructuras.

2.2.1. Discordancias.

2.2.2. Pliegues.

2.2.3. Fallas y Cabalgamientos.

2.3. Cronología de la deformación.

## 3. **GEOMORFOLOGÍA.**

3.1. Descripción fisiográfica.

3.2. Antecedentes

3.3. Análisis morfológico.

3.3.1. Estudio morfoestructural.

3.3.2. Estudio del modelado.

3.3.2.1. Formas fluviales.

3.3.2.2. Formas de ladera

3.3.2.3. Formas poligénicas.

3.4. Formaciones superficiales.

3.5. Evolución geomorfológica.

3.6. Procesos actuales.

## 4. **HISTORIA GEOLÓGICA.**

## 5. **GEOLOGÍA ECONÓMICA**

## 5.1. Recursos minerales

### 5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos.

5.1.1.1. Cobre.

### 5.1.2. Minerales energéticos.

### 5.1.3. Minerales y Rocas Industriales.

5.1.3.1. Gravas.

5.1.3.2. Areniscas.

## 5.2. Hidrogeología.

### 5.2.1. Descripción de las formaciones.

5.2.1.1. Lutitas y Areniscas-Oligoceno.

5.2.1.2. Areniscas y Lutitas. Oligoceno-Mioceno.

5.2.1.3. Conglomerados y areniscas. Oligoceno-Mioceno.

5.2.1.4. Gravas, arenas y limos. Cuaternario

5.2.1.5. Arcillas con bloques y cantos, y arenas.  
Cuaternario.

5.2.1.6. Arcillas, arcillas con cantos dispersos y lutitas margosas. Cuaternario.

### 5.2.2. Unidades acuíferas

5.2.2.1. Areniscas y lutitas, localmente conglomerados y areniscas. Formaciones permeables del Terciario continental. Oligoceno-Mioceno.

5.2.2.2. Gravas, arenas y limos. Formaciones permeables del Cuaternario.

## 5.3. Geotecnia

### 5.3.1. Introducción.

### 5.3.2. Metodología

### 5.3.3. Zonificación geométrica

5.3.3.1. Criterios de división.

5.3.3.2. División en Áreas y Zonas Geométricas.

### 5.3.4. Características geotécnicas

5.3.4.1. Introducción

5.3.4.2. Área III

5.3.4.3. Área IV.

## 6. BIBLIOGRAFÍA



