

# HOJA 174 - IV (SANGÜESA)

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 Sangüesa (174-IV), incluida en la Hoja a escala 1:50.000 de Sangüesa, se localiza al Este de Navarra en su límite con la Comunidad Autónoma de Aragón, concretamente con la provincia de Zaragoza y corresponde al cuadrante sureste de la cuadrícula maestra.

Desde el punto de vista fisiográfico se encuentra situada fuera ya de la zona pirenaica, al sur de los relieves de las Sierras de Leyre. Abarca un área delimitada por las estribaciones de los montes próximos a Javier y Sangüesa al norte y al sur por los de la Sierra de San Pedro, quedando en su sector central una gran 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 suave y alomado en su sector central y septentrional aunque algo montañoso en su parte más meridional., destacando las elevaciones de la Sierra de San Pedro, con cotas de hasta los 700 m.

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. Destaca en su margen izquierda el río Onsella que procedente del sureste vierte sus aguas en las proximidades de Sangüesa.

La densidad de población es relativamente alta, ya que en esta Hoja se localiza la principal población de la comarca: Sangüesa, localidad de donde toma nombre la Hoja.. No obstante se localizan algunos núcleos pequeños de población tales como Gabarderal. y Torre de Peña.

La principal ocupación de la población de Sangüesa, al margen del comercio y turismo son las actividades rurales, principalmente la agricultura y ganadería. También existe actividad industrial destacando la presencia de una papelera en las inmediaciones de Sangüesa, aunque fuera ya de la cuadrícula. Las vías de comunicación transcurren a lo largo de la zona central de la Hoja, destacando las procedentes de Javier, Liedena, Sos del Rey Católico y Aibar o bien las que se dirigen a Carcastillo a través de Cáseda accediéndose así a la Cuenca del Ebro.

Desde el punto de vista geológico la Hoja se enmarca en las estribaciones más meridionales del Pirineo navarro u occidental, 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 el 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, aunque no llegan a aflorar en la Hoja, se disponen series más modernas y groseras que constituyen los depósitos de borde de 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 tectónicos.

## **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 aluviales 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 Priaboniense 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 imigración 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 aluviales 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 aluviales 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 Alternancia irregular de lutitas rojas y ocre y areniscas con intercalaciones de calizas margosas (23) y Areniscas y lutitas rojas (24). “Areniscas y lutitas de Javier”. Headoniense - Sueviense.**

Afloran ampliamente estas dos unidades en el cuadrante nororiental de la Hoja, en la carretera de Javier a Sangüesa y en el valle del río Onsella. También se reconoce en la margen derecha del río Aragón al Sur de Sangüesa, en el núcleo de la estructura anticlinal de Aibar que se prolonga por esta Hoja.

Los cortes tienen un carácter puntual, a pesar de que en ocasiones son bastante continuos. Son de destacar los afloramientos del río Aragón en la citada margen derecha así como los del valle del Onsella.

La Fm. Javier constituye una sucesión lutítico - areniscosa de 1000 - 1500m de potencia desarrollada, en general, inmediatamente al Sur de la falla de Loiti. Al Este está representada predominantemente por facies de frente aluvial distal que reciben diversas denominaciones litoestratigráficas: Unidad de Areniscas y Margas de Javier (IGME, 1987 ), Facies de Javier - Pintano - Villalangua (PUIGDEFABREGAS, 1975 ) y Fm. Los Pintanos ( CHAVEZ, 1986 ). Hacia el Oeste esta Fm. incorpora intervalos margosos y calcáreos correspondientes a ambientes charcutres y perilacustres, conociéndose como Unidad de Margas de Mués ( IGME, 1987 ), o Facies de Zabalza ( PUIGDEFABREGAS , 1975).

En posiciones más occidentales y meridionales la Fm Javier pasa a términos lacustres evaporíticos correspondientes a los Yesos de Undiano (PUIGDEFABREGAS,1975), o Unidad de Yesos de Añorbe ( IGME,1987 ). En el ámbito del área de estudio el cambio a facies evaporíticas hacia el sur debe verificarse en el subsuelo, puesto que el sondeo Sangüesa-1 corta materiales lutítico-sulfatados situados en la parte inferior de la Fm. Javier.

El conjunto configura globalmente un ciclo de tendencia negativa de modo que los términos con mayor influencia lacustre y evaporítica aparecen en la base de la Fm. Atendiendo a un orden secuencial menor se distinguen, esencialmente en los sectores orientales de la zona de estudio, dos ciclos. El inferior presenta un mayor contraste ambiental de muro a techo apareciendo términos con influencia lacustre evaporítica en la base y facies aluviales representadas por canales amalgamados a techo.

El superior desarrolla facies charcustres en la base y a techo está formado por facies aluviales de predominio lutítico con formas canalizadas aisladas. Las paleocorrientes registradas marcan la distribución general a facies observada en afloramiento, dirigiéndose hacia el O.SO.

Desde el punto de vista cartográfico se han distinguido dos unidades a partir de sus diferencias litológicas y fotogeológicas. La unidad 23 corresponde al término general de la Fm. Javier definido por una alternancia heterogénea de lutitas, areniscas y eventualmente margas y calizas dando lugar a formas deprimidas en el relieve. La unidad 24 corresponde a niveles de mayor competencia, debida a un predominio de términos arenicosos, definiendo resaltes estructurales destacables en el terreno.

La caracterización petrográfica está basada en análisis efectuados por LEON, I (1985) y en IGME (1987). El primer autor determina una composición petrográfica para las areniscas integrada por un 40% de granos de cuarzo de tamaño medio - fino, 40% de litoclastos calcáreos y cuarcíticos, y 20% de cemento calcáreo. Para los términos lutíticos se define un cortejo mineralógico que respecto la fracción arcillosa está caracterizado por: illita (50 - 75%), caolinita (15 - 25%), clorita (5 - 12%) e interstratificados (5 - 15%) con aparición de motmorillonita de hasta el 25% en la parte inferior.

En la hoja MAGNA a escala 1:50.000 nº 174, Sangüesa (IGME, 1987) los análisis petrográficos realizados sobre las areniscas reflejan los siguientes valores: 20 - 30% de granos de cuarzo, 0 - 5% de feldespato, 5 - 10% de clastos de sílex, 0 - 10% de fragmentos de cuarcitas, esquistos y pizarras, 0 - 10% granos ferruginosos, 25% - 50% litoclastos carbonáticos (fragmentos de calizas y bioclastos) y 20 - 30% de cemento carbonatado con frecuencia ferruginoso.

De las observaciones de campo se han distinguido las siguientes asociaciones de facies:

. Facies canalizadas. Están representadas por niveles de areniscas de potencia métrica generalmente aislados en lutitas, con una extensión lateral de varios decenas de metros, correspondientes a formas canalizadas de configuración sinuosa. Presentan bases erosivas, laminaciones cruzadas, superficies de acreción lateral y climbing ripples, normalmente desarrollan secuencias de relleno granodecrecientes y bioturbación pedogénica a techo.

Localmente pueden reconocerse tramos areniscos de potencia decamétrica con una continuidad lateral de orden kilométrico generados por imbricación y amalgamación de cuerpos clásticos canalizados. Las formas canalizadas de baja sinuosidad son muy poco frecuentes. Constituyen formas de potencia métrica-decimétrica y escasa extensión lateral, presentando secuencias de relleno sencillas compuestas por uno o varios sets de láminas cruzadas.

.Depósitos de desbordamiento. Están constituidos por facies de overbank y lóbulos de crevasse splay . Aparecen como alternancias de niveles tabulares cm.-a dm de areniscas de grano medio a muy fino y lutitas, formando en ocasiones bancos tableados. Los depósitos de overbank presentan buena selección y abundantes estructuras sedimentarias: Estructuras de base, laminación paralela, convoluciones, escapes de fluidos, cosets de ripples , climbing ripples , burrows verticales, y a techo, huellas de desecación. Los niveles de crevasse muestran un mayor contenido en matriz, granoclasificación positiva; escasas laminaciones tractivas y un alto grado de bioturbación.

. Depósitos de sheet - flood. Constituyen cuerpos areniscos no canalizados de potencia métrica - decimétrica. Se distinguen de los depósitos de desbordamiento por su mayor potencia y fuerte variación granulométrica, presentado granoclasificación positiva de tamaño grano grueso a fino. Pueden desarrollar sets y cosets tabulares de estratificación cruzada. Se generan a partir de avenidas clásticas no confinadas en el frente aluvial, por flujos granulares laminares.

.Facies lutíticas aluviales. Suponen los depósitos mayoritarios de la Fm. Javier. Alternan con niveles areniscas o bien constituyen paquetes métricos homogéneos. Litológicamente consisten en lutitas ocreas más o menos bioturbadas, que intercalan con frecuencia horizontes rojizos asimilables a suelos rojos hidromórficos, constituyendo una de las principales características distintivas de la Fm. Javier.

. Facies charcustras y perilacustras. Están representadas por lutitas margosas grisáceas con decloraciones edáficas rojizas en intervalos decimétricos, que intercalan niveles carbonatados. Las capas de carbonatos presentan potencias centi-decimétricos y corresponden a calizas micríticas arcillosas nodulosas, y a calizas arenosas bioturbadas con estructuras tractivas, generalmente ripples de oscilación . Se interpretan como facies generadas por encharcamientos eventuales en orla perilacustre fangosa.

.Facies lacustres evaporíticas. No afloran en la zona de estudio, habiéndose cortado en el sondeo Sangüesa - 1 en la parte inferior de la Fm. Javier. No obstante en algunos puntos junto al río Aragón, en su margen derecha, se reconocen niveles de yesos dispersos. Están representadas esta facies por margas y lutitas margosas y grises con niveles de anhidritas. Se enmarcan en un contexto de margen lutítico de lago salino.

Las determinaciones paleontológicas (IGME, 1987 ) caracterizan una asociación de Caròfitas constituida en la parte inferior, por Harrisichara tuberculata ( LYELL ), Rhabdochara stockmansi ( GNAMB ), Stephanochara sp., Grovesiella sp, Chara 11, Sphaerochara sp. probablemente del Headoniense. En la parte superior se ha reconocido, Nitellopsis (teclochara ) merlani ( LYN. & GRAMB ), Harrisichara sp , Chara microcera, Psilochara ct. acuta. (GRAM Y PAUL) y Candona sp que parecen indicar que la unidad alcanza una edad de Sueviense.

En base a los datos micropaleontológicos expuestos y de acuerdo con la posición estratigráfica de estos depósitos se establece para las unidades 23,y 24 una edad de Headoniense - Sueviense.

#### **1.1.1.2. Areniscas y lutitas ocreas (25) y Lutitas ocreas con algunas intercalaciones de areniscas (26) “Areniscas y lutitas de Sangüesa”. Sueviense - Arverniense inferior.-**

Afloran estos materiales en la mitad septentrional de la Hoja, en ambos márgenes del río Aragón, conformando tanto el periclinal como el flanco meridional del sinclinal de Rocaforte.

Los mejores cortes o puntos de observación se tienen a la salida de Sangüesa en dirección a Aibar, en los taludes de la carretera junto al río. También en el periclinal de esta estructura, cerca de la carretera a Javier, en el paraje de Malpaso, se pueden llevar a cabo observaciones sobre esta unidad.

La unidad litoestratigráfica denominada informalmente en el presente trabajo como “Areniscas y lutitas de Sangüesa”, está representada en la zona 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 (25) lutíticos a techo (26). Localmente, los términos lutíticos pueden incorporar niveles de origen lacustre- palustre.

El contacto con las “Areniscas y lutitas de Javier” viene definido por la entrada brusca de los depósitos areniscosos de la unidad cartográfica 25 que marca 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.

La unidad cartográfica 25 representa el primer resalte destacable de la sucesión del Terciario continental y alcanza una potencia máxima de unos 400m. Se encuentra bien desarrollada a ambos flancos del sinclinal de Rocaforte, adelgazándose por cambio lateral a facies lutíticas en el flanco septentrional del anticlinal de Aibar.

Litológicamente está compuesta por una alternancia de frecuencia métrica entre areniscas y lutitas ocreas, siendo el rasgo más característico de la unidad el predominio de términos areniscosos no canalizados asimilables a depósitos de overbank y sheet-flood, principalmente los paleocorrientes ofrecen lecturas dirigidas esencialmente hacia el SSO.

La unidad 26 se superpone a la anterior (25) con la que presenta en parte un cambio lateral de facies. 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.

Localmente y definiendo un tramo de tránsito entre las unidades 25 y 26, se reconocen intervalos con lutitos margosos y calizos 27, indicando en conjunto un ambiente de frente lutítico aluvial con eventuales desarrollados charcutres y perilacustres.

La descripción sistemática de facies se refiere a todo el conjunto de las “Areniscas y lutitas de Sangüesa” y en ella se han distinguido 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, a lo largo del 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.

.Facies charcustres y perilacustres. Constituyen el rasgo característico de la unidad 27. Consisten en intervalos de potencia métrica-decimétrica de lutitas margosas grises con niveles de calizas. Se interpretan como facies de encharcamientos eventuales en llanura lútica de frente aluvial distal y perilacustre.

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 EN 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.

**1.1.1.3- 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.**

Afloran estas unidades en el borde occidental de la Hoja, en las cercanías de Aibar. Es de destacar la mala calidad de los afloramientos, al margen de verse afectados por fallas, lo que no permite llevar a cabo observaciones, encontrándose estos materiales la mayoría de las veces, bien cubiertos por depósitos cuaternarios o bien enmascarados por las labores agrícolas.

El conjunto sedimentario descrito en este apartado y a nivel de toda 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, 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.

#### **1.1.1.4. Lutitas ocreas con algunas intercalaciones de areniscas (31). “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 las proximidades de Cáseda, en el sector suroccidental de la Hoja, aunque la unidad allí se encuentra plegada. No obstante el tipo de litologías que se incluyen en este apartado a priori no favorece la presencia de buenos afloramientos.

En la cartografía a escala 1:50.000 de la hoja de 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 en la cartografía, ocupa una posición estratigráfica más baja.

Morfológicamente este tipo de materiales no destaca en el paisaje, aunque sí con respecto a las unidades suprayacentes, dando lugar a zonas deprimidas, frecuentemente enmascaradas por depósitos cuaternarios tipo glaciares o aluviales.

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 edáficos.

Las areniscas se presentan por lo general en cuerpos planoparalelos de color gris u ocre y de granulometría 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 veces se intercalan areniscas, generalmente de grano fino. Tambien 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 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.

#### **1.1.1.5. Lutitas ocreas, 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 litologica que la diferencia claramente del resto. Se trata de una unidad detritico-carbonatada que aflora ampliamente en ambas margenes del rio Aragon, principalmente en su margen izquierda al norte de Cáseda.

Equivale esta unidad a la denominada “Facies Eslava” (GOBIERNO DE NAVARRA 1997) así como a las anteriormente conocidas como “Unidad de Cáseda-Sangüesa” (PUIGDEFABREGAS 1975) o posteriormente llamada “Unidad de Eslava”

(IGME, 1987). Lateralmente pasa a unidades algo más detríticas (unidad 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 en los núcleos de las estructuras anticlinales como p.e. al noreste de Cáteda.

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.

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

Aflora esta unidad a lo largo del flanco meridional del anticlinal de Eslava, al pie de la Sierra de San Pedro y según una dirección general E-O, adquiriendo un importante desarrollo. Hacia el oeste se acuña hasta llegar a desaparecer, justo en el límite occidental de la Hoja 174-II en las proximidades del Alto de Lerga mientras que hacia el Este, hacia Sos del Rey Católico, se extiende adquiriendo una 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) así como a la denominada a nivel regional Fm. Sos del Rey Católico (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 Aragón, ya que hacia el este la serie se hace más monótona y destaca menos sobre el paisaje.

Los mejores cortes se localizan en la pista de servicio del canal de las Bárdenas y en la carretera desde Cáseda a Carcastillo. También se reconoce 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 ocreas 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 ocreas (36) y Alternancia irregular de lutitas ocreas y areniscas (37). “Areniscas y lutitas de Uzquita” Arverniense superior.**

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

Ambas se extienden al pie de la Sierra de San Pedro constituyendo estos materiales los primeros relieves que rodean la depresión de Eslava y dibujando la estructura de la zona. 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)

Los mejores cortes o afloramientos en el flanco meridional de la estructura de Eslava se localizan en la carretera de Cáseda a Carcastillo, cerca del cruce de la pista de servicio del canal de las Bardenas y donde se ve muy bien el tránsito con la unidad suprayacente.

Desde el punto de vista descriptivo y en cuanto a litología se refiere 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 con respecto a la serie infrayacente.

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.

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 fuera del área estudiada.

Equivale 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 Catolico hasta el sinclinal de Ayesa-Olleta en la Hoja 1:50.000 de Tafalla.

Los mejores afloramientos en la Hoja se localizan en la carretera de Cáseda a Carcastillo, junto a la ermita de San Zoilo.

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 ocre 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**

### **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 y aunque la primera de ellas apenas aflora en la Hoja, se consideran como cambio lateral de facies una de otra y por lo tanto relacionadas genéticamente .

. Los mejores cortes se localizan en ambos márgenes del río Aragón,. También hay un buen corte en la carretera de Cáseda a Carcastillo, en el límite meridional de la Hoja., junto a la Sierra de San Pedro. Con frecuencia ambas unidades aparecen en parte cubiertas por coluviones, canchales o vegetación.

Morfológicamente destacan en el paisaje dando 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 y al este de la Hoja (Gallipienzo) 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.

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, en las proximidades de Gallipienzo, aunque en detalle tienen una cierta organización secuencial. Lateralmente, como ocurre al suroeste de la Hoja, tienden a desaparecer al descomponerse en delgados lechos conglomeráticos (*sheet*) de espesor métrico, que insensiblemente pasan a las areniscas características de la unidad 40.

Los clastos son muy heterogeneos y heterometricos, con matriz arenosa y cementados se encuentran fuertemente por carbonato calcico, siendo en su mayor parte de areniscas ocre y en menor proporcion de calizas de color gris, con tamaños medios que fluctuan entre los 10-12 cm.

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 mas de 400 m en los sectores mas occidentales como se puede observar p.e. en el corte de la carretera de Cáseda a Carcastillo.

La unidad 40 pues esta formada por areniscas y lutitas rojas. Las areniscas son grises y ocre, de tamaño de grano de medio a grueso, a veces con cantos dispersos y se encuentran organizadas con las lutitas en secuencias metricas con una tendencia grano y estratocreciente. Las areniscas son de tamaño metrico con base muy plana o tendida, en ocasiones irregular, erosiva y de gran continuidad lateral.. Se reconocen estructuras sedimentarias tales como laminacion cruzada y paralela de alta energia.

Las lutitas que separan los cuerpos areniscosos y en ocasiones conglomeraticos, son de color rojo y de aspecto masivo, con espesores que fluctuan entre 1 y los 3-4 m de espesor. Ocasionalmente se reconocen ciertas tonalidades mas ocre asi como delgados niveles, de espesor centimetrico a decimetrico de calizas margosas de tonos grisaceos

Desde el punto de vista sedimentario todos estos depósitos se localizan en un ambiente de abanicos aluviales, cuyos apices se situarian relativamente cerca del actual curso del rio Aragon, en las proximidades de Gallipienzo. La distribucion de sus facies dibuja una geometria de abanico. que drenaria hacia el sur, hacia la actual Cuenca del Ebro.

En cuanto a edad se refiere todos este conjunto detritico se enmarca segun autores entre finales del Oligoceno y comienzos del Mioceno .En este trabajo se asigna esta unidad al Ageniense inferior por lo que los terminos mas bajos estarian incluidos aun el Oligocenos superior y el resto de la serie perteneceria ya al Mioceno inferior. En ambos casos no existen argumentos paleontologicos definitivos que corroboren las edades establecidas..

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

La sedimentación continental en el Terciario se articula a favor de sistemas 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 en el 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 distrófica, 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 mas o menos neta de unidades areniscosas o conglomeráticas sobre términos comparativamente mas 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” (PUIGDEFABREGAS, 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 a 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 sucucencial 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 secucenciales 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” (unidad38). 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 Autònoma de Aragón se relaciona con facies conglomeráticos semejantes a las de Gallipienzo, indicando una etapa temprana de restructuración 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 mas porximales. 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 y lutitas rojas con cantos y bloques ocasionalmente cementados. Conos aluviales antiguos (45). Pleistoceno**

Dentro de este epigrafe se describen un conjunto de materiales que se localizan en la vertiente meridional de la Sierra de San Pedro.

Los afloramientos son muy escasos y por lo tanto puntos de observacion. La composicion de este tipo de depositos es tambien bastante heterogenea en funcion del area madre donde se situen .

En la Sierra de San Pedro, estos depositos se localizan en su vertiente norte y dan lugar a un amplio abanico, de pendiente relativamente suave, de gran extension superficial, formado por lutitas de color ocre y bloques y cantos de areniscas ocre de tamaño y morfología considerable, reconociéndose clastos de hasta de tamaño métrico.

Se asigna una edad Pleistoceno a estos depositos por su posicion relativa con respecto a otros cuaternarios, ya que estos conos aluviales, aparecen siempre relacionados con las terrazas medias, a una cota ya considerable sobre el curso del Aragon

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

Estos depositos constituyen sin duda alguna uno de los mas caracteristicos de la region, tanto por su litologia como por su morfologia, ya que dan lugar a extensas y vastas planicies que se situan 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 Sangüesa a ambas margenes del rio. Los afloramientos por lo general se localizan a favor de pequeños cantiles . El canal de Las Bardenas ofrece excelentes cortes de esta unidad,

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.

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 depositos, es muy variable, fluctuando desde un par de metros hasta los 6-8 m al menos, que llegan a observarse en las proximidades del canal de las Bardenas

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, como ocurre, al pie de los relieves de la Sierra de San Pedro, junto al canal de Las Bardenas, si bien uno de ellos, el mas antiguo es bastante relicto.

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.

#### **1.2.1.3. Gravas, arenas y lutitas con cantos y bloques. Terrazas. (48 a 52). Pleistoceno-Holoceno.**

Dentro de este apartado se incluyen todos aquellos depositos relacionados intimamente con la red fluvial actual, articulada principalmente entorno a los rios Salazar, Irati, Onsella y Aragon, siendo este ultimo la arteria principal de la region .

Ocupan una gran extension superficial en la Hoja, habiendose diferenciado cinco niveles de terrazas en total, con respecto al cauce actual de los rios. Estas se encuentran dispuestas de acuerdo a las siguientes cotas: +3-12 m, +15-20 m, +25-35 m, +45-55 m y +70-80 m. Los dos primeros niveles se les incluye en el grupo de terrazas bajas, los dos segundos en el grupo de las terrazas medias y el ultimo nivel en el grupo de las terrazas altas.

Litologicamente los distintos niveles de terrazas presentan una composicion muy similar. Se trata de depositos formados por gravas y arenas con lutitas en proporciones muy variables. Los clastos son de distinta naturaleza predominando los de calizas grises y areniscas ocre, siendo ademas el tamaño de los mismos muy variable, fluctuando entre los 10 a 20 cm de media y los 40 a 50 cm de tamaño maximo. Tambien interesa destacar que en los niveles de terrazas medios y altos, predomina a veces una

cierta cementación por carbonatos mientras que en las terrazas más bajas este fenómeno es menos frecuente o al menos por lo general están menos cementadas.

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, es decir del río Aragón. 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. Bloques y cantos con margas y lutitas. Coluviones de bloques (54). Holoceno.**

Se describen en este apartado un conjunto caótico y heterogéneo de depósitos que se localiza al pie de los relieves de la Sierra de San Pedro. Se trata de unos depósitos que están formados por cantos y bloques de conglomerados calcáreos y areniscas con lutitas de tonalidades grises o rojizas, que incluso a veces, pueden llegar a estar ligeramente cementados por carbonatos.

Todo este conjunto enmascara notablemente los afloramientos del sustrato que conforman dichas laderas. Por su posición se les atribuye al 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, asociados a veces a los distintos niveles de terrazas, así como a pequeños 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 y en zonas de cursos de carácter ligeramente divagante y bastante efímeros. Tal es el caso de los depósitos aflorantes en el cuadrante noroccidental de la Hoja.

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 depósitos a los cursos de escorrentía superficial efímera o actualmente nula, que discurren a través de los principales arroyos. Constituyen pues la red fluvial de menor orden que se localiza en la Hoja.

Se trata de depósitos de forma alargada, algunos de bastantes kilómetros y cierta anchura que por lo general tienen poco espesor (3 a 5 m), aunque en ocasiones más.

Predominan en este tipo de depósitos 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 depósitos por su relación con la red fluvial actual al Holoceno

#### **1.2.2.6. Lutitas algo margosas. Zonas de drenaje deficiente. (60). Holoceno.**

Se trata de unos depósitos finos que aparecen asociados a un área de carácter endorreico, o al menos con un drenaje deficiente y en la que son frecuentes los encharcamientos superficiales. Se localiza en la Hoja un único afloramiento de este tipo, concretamente en el cuadrante noroccidental de la misma en las proximidades de Aibar

Estos depósitos se desarrollan sobre materiales lutíticos, correspondientes a la unidad nº 29 y como es lógico se trata de lutitas de tonalidades ocreas y a veces algo margosas, de muy poco espesor y escasa representación superficial.

#### **1.2.2.7. 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 y se encuentran relacionadas con dicho cauce. Aunque sobre el terreno resultan difícil de ser diferenciados, sobre fotografía aérea se reconocen por su forma rectilínea y algo sinuosa a veces.

Son depósitos formados por gravas, arenas y limos en distinta proporción, con desarrollo de suelos que son frecuentemente utilizados para tareas agrícolas. Destaca por su morfología el meandro abandonado de Liédena, cuyos depósitos resultan los más antiguos. de todos los diferenciados en el cauce del rio Aragon.

#### **1.2.2.8. Acumulaciones antropicas. Escombreras. (62). Holoceno.**

En la cartografía y por su extensión superficial se han diferenciado un conjunto de depósitos artificiales y heterogéneos que se han localizado junto al canal de Las Bardenas, en el límite oriental de la zona estudiada..

Se trata de acumulaciones antropicas donde se pueden reconocer depósitos, consistentes en un acumulo importante de bloques de diverso tamaño y consideración, con varios metros de espesor, que destacan en el paisaje y proceden de las obras de excavación y construcción de dicho canal

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

Se describen en este último apartado los depósitos que en la actualidad está dejando el rio: Aragon

Corresponden estos a gravas, arenas y cantos, aunque ocasionalmente incluyen clastos tamaño bloques, con cantos de litología muy variada: areniscas, calizas etc. Se organizan en barras fluviales, bien en zonas próximas a los márgenes del rio o en los sectores centrales y cuya morfología es perfectamente apreciable en distintos puntos del curso, preferentemente aguas abajo de Sangüesa.

## 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-IV Sangüesa se localizan una serie de estructuras de dirección general O:NO-E.SE. que se corresponden con la prolongación de pliegues bien desarrollados en las vecinas hojas a escala 1:25.000 de Aibar, Lumbier y Cáseda. Entre estas cabe destacar: el sinclinal de Rocaforte, los anticlinales de Aibar y Eslava. Entre las nuevas estructuras que en esta Hoja se desarrollan cabe destacar las de las estribaciones del anticlinal de Undues, así como una serie de pliegues de poca envergadura aunque sí continuidad lateral, paralelos al río Onsella y asociados probablemente a cabalgamientos de mayor envergadura, algunos no aflorantes.

Finalmente interesa destacar que en toda la Hoja son muy frecuentes y abundantes los depósitos cuaternarios, enmascarando estos gran parte de los afloramientos, tanto a lo largo del río Aragón como por el resto de la zona, constituyendo un serio impedimento y dificultad a la hora de reconstruir la estructura y geometría de la deformación.

El sinclinal de Rocaforte es la estructura más septentrional de todas, apareciendo en la Hoja solo representado su flanco más meridional del mismo así como su terminación periclinal, localizada esta en el borde norte de la cuadrícula, en el margen izquierdo del río Aragón. Aunque no aflora en la Hoja en su totalidad, se trata de una larga estructura de longitud kilométrica, del orden de 15-16 Km, laxa y suave, de

direccion general O.NO-E.SE y con buzamientos entorno a los 30°-35°, con su flanco mas septentrional en contacto y/o laminado en parte por la falla de Loiti.

El anticlinal de Aibar en esta hoja se manifiesta como un pliegue por el contrario con su flanco meridional laminado por un importante cabalgamiento, por lo que solo se reconoce y con alguna dificultad su flanco mas septentrional con buzamientos entre los 50°-70°.

El anticlinal de Eslava se reconoce con ciertas dificultades, aflorando parte de los materiales que constituyen su nucleo, aflorando estos en ambos margenes del rio Aragon. No obstante , donde se llega a reconocer dicho nucleo a pesar de que su entorno se encuentra fracturado, es al noreste de Cáseda, siendo cortada dicha estructura por la traza del canal de Las Bardenas. En todo este sector se puede llegar a reconstruir la geometria del pliegue, observandose una clara vergencia meridional con valores de buzamientos que fluctuan entre los 30°-55° en su flanco norte y los 75°-80° en su flanco sur.

El anticlinal de Undues, constituido por materiales de edad Priaboniense superior, apenas aflora en el cuadrante nororiental de la Hoja, en el limite con la provincia de Zaragoza. Se trata de una amplia e importante estructura anticlinal de direccion NO-SE y vergencia hacia el suroeste, que se prolonga durante bastantes kilometros por Aragon. En la Hoja no obstante llega a reconocer su cierre periclinal. Este pliegue presenta valores de buzamientos hacia el norte del orden de los 25°, mientras que hacia el suroeste se sitúan entre los 25° y 75°

Paralelos a esta estructura se reconocen hasta el rio Onsella una serie de pliegues, anticlinales y sinclinales de casi igual direccion, bastante simetricos y de poca resolucion en profundidad aunque de gran longitud de eje y que deben estar relacionados con accidentes a relativa poca profundidad.

Finalmente se reconocen en el cuadrante superior, en su limite occidental una serie de estructuras tambien menores, de direccion O.NO-E.SE, que se prolongan por la vecina Hoja 174-III. Cáseda y que estan relacionadas con las estructuras cabalgantes del flanco meridional del anticlinal de Aibar.

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

En la Hoja 174-IV.Sangüesa, los accidentes que se observan estan relacionados principalmente con las estructuras de Aibar, Sada de Sangüesa y anticlinal de Eslava. No obstante se reconoce tambien alguna falla inversa, en la margen izquierda del Aragon, junto al rio Onsella.

El cabalgamiento de Aibar, presenta una direccion NO-SE y responde a una ruptura del flanco mas meridional del la estructura anticlinal de Aibar. Aunque en superficie resulta bastante dificil de ser observado, este se reconoce por la traza de sus capas, es decir la verticalidad de las mismas incluso a veces su inversion. Otro dato a tener en consideracion es el acortamiento en espesores de la serie detritica, ya que no se corresponden estos a ambos flancos del pliegue de Aibar, otro hecho que invita obligatoriamente a reconocer tal accidente.

Este cabalgamiento, aunque en profundidad responde aun solo accidente, en superficie se descompone en una serie de fallas, tambien de alto angulo y paralelas, vergentes todas ellas en lineas generales hacia el sur. Su traza se reconoce tambien por la Hoja 174-I Aibar . En la zona este cabalgamiento lamina buena parte del nucleo presentando este una estructura muy compleja. Este accidente se extiende tambien a lo largo del valle del Onseya, si bien su traza resulta dificil de seguir ya que hay que destacar la falta de afloramiento en ese sector por el enmascaramiento de los depositos cuaternarios.

El cabalgamiento de Sada de Sangüesa, al igual que el de Aibar, de direccion NO-SE, es una resolucion mas meridional 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 resolucion, se observa en los terminos mas altos estratigraficamente de dicha estructura y en afloramiento se manifiesta muy mal, reconociendose inversion de capas, trazado poco definido de estas y cambios bruscos de buzamientos. Un buen punto de observacion de este accidente es junto a una pista que transcurre a la derecha de la carretera entre Aibar y Cáseda, ya en la Hoja 174-III de Cáseda

Al sur de Gabardonal, en la margen izquierda del Aragon, se observa tambien una falla de trazado rectilineo y de direccion E-O , que hacia el este, fuera ya de Hoja, tienen mayor entidad. Por la calidad de afloramiento y por la dificultad de observacion de esta no es posible una descripcion mas detallada.

Finalmente también hay que destacar al suroeste de la estructura anticlinal de los Pintanos, en la margen derecha del Onseya, una falla inversa de dirección O.NO-E.SE., de alto ángulo y vergencia meridional, aunque de poco salto y que responde a la acomodación del tren de pliegues de igual dirección que en esa zona se observa.

### **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 colisión de placas culmina en el Eoceno, durante el Luteciense, con la denominada “fase pirenaica”, si bien el régimen compresivo perdura hasta comienzos del Mioceno.

El manto de Lakora, es decir, su rampa frontal, genera a su pie la cuenca turbidítica de Jaca-Pamplona. Durante el Luteciense se producen una serie de cabalgamientos, que perduran hasta el Bartonense y motivan la evolución continuada de las estructuras y la propagación progresiva de la deformación hacia el sur y hacia el oeste, como lo demuestra la presencia de pliegues submeridianos en las 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 traslación hacia el sur se traduce en la deformación interna y de manera progresiva de los depósitos clásticos, cuya geometría corresponde a sistemas de pliegues y cabalgamientos en las series paleógenas y a la emergencia del frente o rampa frontal de cabalgamiento, que da lugar a las Sierras Exteriores. Un ejemplo particular de la migración hacia zonas meridionales es el aislamiento del sinclinal sinsedimentario de Guarga, donde se registran los materiales más modernos de la cuenca de Jaca y cuyo sector más septentrional, se ve sometido a una imbricación y desmantelamiento.

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

Durante el Oligoceno superior y Mioceno inferior continúa la deformación y tiene lugar el emplazamiento definitivo de lo que se viene llamando el Manto de Gavarnie dando lugar a una serie de estructuras plegadas y/o cabalgantes hacia el sur a lo largo del frente surpirenaico, así como la propagación de despegues no emergentes hacia la cuenca de antepaís 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 Sangüesa (174-IV), a escala 1:25.000 se halla incluida en la Hoja a escala 1:50.000 que lleva el mismo nombre. Geográficamente se sitúa en el sector centro oriental de la Comunidad Autónoma de Navarra en el límite con la Comunidad Autónoma de Aragón y concretamente con la provincia de Zaragoza. Así, parte del cuadrante nororiental y casi todo el suroriental pertenecen a esta última provincia.

Desde un punto de vista fisiográfico y morfoestructural, este área se encuentra ya situada fuera de la Zona Supirenáica y perteneciendo en un sentido amplio a la cuenca del Ebro.

El relieve de la Hoja es variado, pudiendo distinguirse tres áreas con diferentes características.

- Sector septentrional: es una zona de relieve alomado de la que forman parte las estribaciones de los montes próximos a Javier y Sangüsa.
  
- Sector meridional: constituye la zona más montañosa, destacando las elevaciones de la Sierra de San Pedro con cotas próximas a los 900 m en el paraje de los Colmos. En este sector meridional el relieve es accidentado y está muy incidido por una red fluvial de gran densidad.
  
- Valle del río Aragón: es el enlace entre las dos zonas anteriores, constituyendo un área deprimida por la que discurre dicho curso de agua en su salida a la Depresión del Ebro. Aquí es donde se encuentran las mínimas alturas, que alcanzan cotas por debajo de los 400 m.

La principal vena de agua, como puede observarse, es el río Aragón, que discurre con dirección NE-SO y con un curso entre sinuoso y meandriforme. Se alimenta de pequeños cauces de agua, entre los que destaca el río Onsella que con una dirección SE-NO desemboca en el Aragón en el paraje de La Bajada, sirviendo de límite provincial.

Las características climáticas vienen en parte reflejadas en uno de los esquemas que acompaña al mapa geomorfológico. En él se observa que la precipitación media anual está comprendida entre 700 y 900 mm y la temperatura media anual entre 12° y 14°C. Todos estos parámetros definen un clima de tipo Mediterráneo Templado.

Las vías de comunicación transcurren por el sector central de la Hoja, siendo carreteras comarcales o autonómicas. El sector más desabastecido es la Sierra de San Pedro donde las comunicaciones quedan sustituidas por una serie de caminos de tierra y pistas forestales que permiten el acceso a gran parte de este relieve.

Por lo que a la densidad de población se refiere, hay que señalar que es bastante alta para el entorno, pues dentro de la Hoja se encuentra la localidad de Sangüesa, principal población de esta comarca. El resto son pequeñísimos centros urbanos como Gabarderas o Torre de Peña.

Las principales actividades de las zonas son las relativas a la agricultura y la ganadería, aunque no hay que olvidar el turismo rural. No obstante existe un pequeño movimiento industrial representado por la presencia de una papelera en la inmediaciones de Sangüesa.

### **3.2. ANTECEDENTES**

Los trabajos geomorfológicos relativos a este sector del Pirineo navarro occidental, son muy escasos, por no decir prácticamente inexistentes. Hay, sin embargo, algunas cartografías y algunos textos de carácter general o regional que han servido de punto de partida a este estudio.

Uno de los mayores avances es el que se produce en las últimas décadas con motivo de la realización de las hojas geológicas, a escala 1:50.000, del Plan MAGNA. Entre ellas destacamos la de Sangüesa (1.987), en la que ya se incluye un mapa geomorfológico a escala 1:100000, donde se destacan algunos de los rasgos principales del relieve de la zona.

Por otra parte, la realización por el I.T.G.E. del “Mapa del Cuaternario de España” a escala 1:1.000.000 y por el I.T.G.E y ENRESA del “Mapa Neotectónico y

Sismotectónico de España”, también a escala 1:1.000.000 contribuye con algunos datos, al conocimiento de este sector.

Finalmente, la reciente publicación de la cartografiada de la Comunidad Autónoma de Navarra a escala 1:200.000, supone una sustancial mejora para los depósitos más recientes.

### **3.3. ANÁLISIS MORFOLÓGICO**

En este apartado se describe el relieve bajo dos puntos de vista fundamentales: uno de carácter estático o morfoestructural y otro dinámico. El primero considera el relieve como una consecuencia del sustrato geológico y la disposición de sus materiales y el segundo, analiza la importancia de los procesos exógenos sobre dicho sustrato, así como las características de los mismos.

#### **3.3.1.- ESTUDIO MORFOESTRUCTURAL**

Desde el punto de vista morfoestructural la Hoja de Sangüesa (174-IV) se encuentra situada fuera ya de la Zona Supirenaica y, por tanto, en el límite con la gran Cuenca del Ebro. Se trata de una cuenca de antepaís del orógeno pirenaico y está constituida, en este sector, por una gran acumulación de depósitos continentales del Paleógeno superior y Neógeno inferior, principalmente de naturaleza dentrítica. Por lo general estos materiales se encuentran plegados y fracturados dibujando una gran estructura anticlinal de dirección E-O a ESE-ONO. Hacia los sectores más meridionales y en el flanco sur de esta estructura, aunque no llegan a aflorar en la Hoja, se disponen series más modernas que constituyen los depósitos que caracterizan la Cuenca del Ebro en este sector.

La influencia de esta estructura, junto con la litología, es muy patente, reflejándose en la distribución de la red de drenaje y de los volúmenes montañosos.

La erosión, que actúa sobre esta masa de sedimentos con diferente competencia, de lugar a una gran diversidad de formas de carácter estructural que sobresalen en el terreno, perfilando perfectamente la dirección de los pliegues y los cierres de los mismos.

Se reconocen aquí y se han cartografiado: escarpes estructurales en series monoclinales, con diferentes dimensiones, crestas, resaltes de capas duras, replanos estructurales con indicación del buzamiento que resaltan la presencia de cuestras y finalmente, cerros cómicos. Todas estas estructuras se hacen patentes por la mayor resistencia a la erosión que ofrecen las los niveles mas duros.

La observación de la red de drenaje, aporta también datos sobre la gran influencia de la estructura en el relieve. La linealidad de algunos cauces, la orientación preferente de muchos de ellos, según directrices regionales, y los cambios bruscos en los perfiles longitudinales de los ríos, indican que las líneas de agua buscan preferentemente las zonas de debilidad como pueden ser una falla o fractura, una zona de materiales blandos o un contacto litológico.

En la Hoja de Sangüesa se observan varias familias de direcciones. Por un lado aparece la dirección ONO-ESE coincidente con la estructura principal. Este es el caso del río Onsella y algunos cauces menores. Muy frecuente también es la familia N-S que por una parte corta las estructuras y por otra es la dirección general de la máxima pendiente. Finalmente existe la dirección NE-SO por la que discurre el principal cauce de la zona que es el río Aragón.

Por lo que se refiere a la morfología general de la red de drenaje, en planta, se reconoce como de tipo dentrítico y densidad media. Este tipo de red es característica de zonas donde la litología es muy homogénea o donde existe una litología alternante dispuesta en series monoclinales.

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

Se contemplan y analizan, en este apartado, todas las formas cartografiadas en el mapa, ya sean de carácter erosivo o sedimentario y que han sido originadas por la acción de los procesos externos. También se describe en dichos procesos su importancia en relación al modelado. Observando el mapa geomorfológico, tres son las morfologías más significativas: la estructural (ya descrita en el apartado anterior), la fluvial y la poligénica.

### 3.3.2.1.-Formas fluviales.

Dentro de la Hoja de Sangüesa las formas fluviales alcanzan un notable desarrollo, siendo los depósitos del río Aragón las formas más características.

Se reconocen niveles de terrazas no sólo en el río Aragón sino también en el Onsella, aunque en este último alcanzan menor desarrollo. Se han distinguido hasta cinco niveles con cotas que van desde + 3 - 10 m. a + 70 - 80 m. con otros intermedios a + 15 - 20 m +25 - 35 m y + 45 - 55 m. Casi todos ellos tienen una gran continuidad a excepción del segundo, es decir del que está a + 15 - 20 m que sólo aparece de forma esporádica.

Litológicamente están compuestos por cantos, gravas y arenas con lutitas de naturaleza variable y con algunas diferencias entre unos cursos y otros según la procedencia de los mismos. La morfología que ofrecen es, en general, la de terrazas colgadas, salvo para el nivel inferior que se presenta como terraza encajada o solapada. Todos los niveles presentan un escarpe neto hacia el valle. Encajado en la primera terraza aparecen una serie de barras laterales y centrales que constituyen el cauce activo con modificaciones constantes de su morfología.

Los fondos de valle son las formas fluviales más frecuentes y se presentan en planta con morfologías alargadas y estrechas y con direcciones preferentes según las estructuras y la fracturación. La anchura de los mismos es muy variable oscilando entre 50 y 300 m.

En general, asociados a los fondos de valle, aparecen los conos de deyección instalados a la salida de algunos barrancos y arroyos, al desembocar en un cauce de rango superior. Los mejores ejemplos se localizan en el río Aragón, dónde se instalan sobre la terraza más baja..

Su morfología es muy característica, en abanico, y pueden aparecer como formas aisladas o solapándose unas con otras cuando en una misma ladera aparecen muy próximas unas a otras. La litología es similar a la de los fondos de valle, puesto que el área madre es la misma, aunque la textura puede variar, incluso de unos conos a otros y dentro del mismo depósito, pues el tamaño de grano disminuye de la zona apical a la distal. Su génesis suele ser contemporánea a la de los fondos de valle porque es

frecuente que unos y otros depósitos aparezcan interdentados. También es habitual en los valles la asociación lateral con los depósitos de ladera.

Existen además una serie de abanicos aluviales más antiguos que partiendo hacia el valle del Aragón, se interdentan con los niveles de glaciares. Estos abanicos están disectados por la red fluvial pero mantienen su morfología convexa y cónica.

Por lo que se refiere a las formas de carácter erosivo, destaca una importante red de incisión que da lugar a barrancos en “v”. Este acusado proceso de erosión se debe a que se trata de un área de montaña próxima a una gran divisoria y donde las pendientes son medias-altas, superado en general el 10%. En estas condiciones, las aguas de escorrentía producen fuertes incisiones y entalladuras, dando lugar a una abrupta morfología donde aternan los barrancos con los interfluvios agudos en arista. La existencia de materiales blandos intercalados en otros más duros, favorece el desarrollo de estas formas.

El proceso de formación de valles en “v” en un estadio avanzado hace que las laderas de valles contiguos se unan en sus partes superiores dando lugar a interfluvios en arista.

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

Son dos las formas reconocidas en la Hoja de Sangüesa, las coluviones y los coluviones de bloques.

Los coluviones aparecen al pie de las laderas o en cotas intermedias de las mismas y son originados por la acción conjunta de la gravedad y el agua. Dan bandas alargadas y, en general, paralelas a los cauces. Son muy frecuentes y aparecen, bien entre los diferentes niveles de terraza, bien por debajo de los escarpes o de los resaltes de capas duras.

Los coluviones de bloques consisten en un conjunto caótico y heterogéneo de materiales que se localiza al pie de los grandes relieves de la zona. En la Hoja de Sangüesa aparece un único ejemplo en la vertiente norte de la Sierra de San Pedro, pero en zonas próximas son dignos de destacar los que aparecen por debajo del gran escarpe de la Sierra de Leyre.

### **3.3.2.3. Formas lacustres**

La única forma que aparece en la Hoja es un pequeño fondo endorréico, conocido como Balsa de la Mueda, y en la que son frecuentes los encharcamientos superficiales. Se trata de depósitos finos y oscuros desarrollados sobre materiales lutíticos. Su morfología superficial es redondeada y sus depósitos tienen escasa representación.

### **3.3.2.4. Formas poligénicas**

En esta zona están representadas por los glacis y los fondos aluviales-coluviales.

Los glacis que aparecen son en general de gran tamaño, destacando los que se hallan en la vertiente septentrional de la Sierra de San Pedro y los del cuadrante noroeste de la Hoja. Son siempre glacis de acumulación y se originan como respuesta a condiciones topográficas acusadas. Constituyen las formas de enlace entre las grandes divisorias y los valles.

Según MENSUA (10/00) estos glacis no son consecuencia de la evolución de las laderas, sino que corresponden más bien a abanicos aluviales, muy extensos formados al pie de las zonas elevadas y originadas por torrentes que tienen su nivel de base en los principales ríos, por lo que enlazan perfectamente con algunos niveles de terrazas. Su morfología acutal es alargada u ovalada con bordes lobulados y escarpes hacia los valles, debido a la disección de la red fluvial actual.

Los aluviales coluviales aparecen en el cuadrante noroeste de la Hoja donde el relieve es algo más suave.

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.

### 3.4. 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 relieve existente en la actualidad. La característica fundamental es que deben ser cartografiables a la escala de trabajo y estar definidos por una serie de atributos tales como geometría, textura, litología, potencia, y en algunas ocasiones, edad.

Las formaciones superficiales de origen fluvial son las que tienen mayor representación, destacando las terrazas de los ríos Aragón y Onsella.

Ocupan una gran extensión superficial, habiéndose diferenciado cinco niveles de terrazas con respecto al cauce de los ríos. Se encuentran dispuestas de acuerdo a las siguientes cotas: + 3- 12 m, + 15 - 20 m, + 25 - 35 m, + 45 - 55 m y + 70 - 80 m. Los dos primeros niveles se incluyen en el grupo de terrazas bajas, los dos segundos en el grupo de las terrazas medias y el último nivel en el grupo de las terrazas altas. Litológicamente los distintos niveles presentan una composición muy similar, si bien se pueden llegar a observar ciertas diferencias, en cuanto a la proporción de cantos de la misma 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 ocreas, siendo el tamaño de los mismos muy variable, pues oscila 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 medias y altos, predomina una cierta cementación por carbonatos, mientras que en las terrazas más bajas este fenómeno es menos frecuente. El espesor suele ser muy variable, entre 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 correspondería ya al Holoceno. Los abanicos aluviales antiguos son muy escasos y tienen pocos puntos de observación. Su composición es bastante heterogénea en función del área madre de la que procedan.

En la Sierra de San Pedro, estos depósitos se localizan en la vertiente norte y dan lugar a un amplio abanico, de pendiente relativamente suave, de gran extensión superficial, formado por lutitas de color ocre con bloques y cantos de areniscas ocre de tamaño y morfología considerable. Se reconocen clastos de tamaño métrico. Se les asigna una edad Pleistoceno por su posición relativa con respecto a otros cuaternarios, ya que aparecen siempre relacionados con las terrazas medias, a una cota considerable sobre el curso actual del río Aragón.

Los fondos de valle corresponden a depósitos originados por cursos de escorrentía intermitente y efímera. Están formados, por la red fluvial de orden inferior. Se trata de depósitos alargados, a veces de bastantes kilómetros y una anchura aproximada de 100 m. Por lo general tienen poco de espesor, 3 a 5 m., pero puede aumentar esta cantidad. Predominan las lutitas con cantos de diverso tamaño y a veces bloques. Ocasionalmente se reconocen niveles de arenas. Los cantos son de litología muy variable, pero predominan los de areniscas. Se asignan, por su relación con la red fluvial, al Holoceno.

Muy relacionados con los fondos de valle aparecen los conos de deyección. Se trata de depósitos relativamente pequeños formados a las salidas de arroyos y barrancos que acceden a valles de rango superior o a las terrazas bajas del Aragón. En ocasiones se solapan, dando lugar a formas coalescentes de mayor desarrollo.

Litológicamente están formados por un conjunto, también heterogéneo y 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 importancia. Por su relación con la red fluvial se les asigna una edad Holoceno.

Dentro de las formaciones superficiales de ladera se describen los coluviones y los coluviones de bloques. Los primeros son depósitos de muy poco espesor y representación superficial y 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. 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 o empastando cantos angulosos y subangulosos de arenisca y a veces de caliza. Por su posición, al pie de las laderas, y su relación con el resto de los depósitos cuaternarios se asignan al Holoceno.

Los coluviones de bloques se diferencian del resto de los coluviones por su litología, pues son pobres en finos y presentan, casi en su totalidad, clastos de tamaño canto o bloque. Normalmente se sitúan al pie de los relieves conglomeráticos, y están compuestos por un conjunto heterógeno de cantos y bloques procedentes de la erosión y desmantelamiento de las formaciones detríticas. Estos clastos son de tamaño, grado de redondeamiento y composición muy variada siendo, preferentemente, 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, y dando lugar, según los casos, a canchales o simplemente a coluviones.

En las formaciones superficiales de origen lacustre aparece un pequeño fondo endorréico. Consiste en un conjunto de depósitos finos formados en un área de drenaje deficiente y en la que son frecuentes los echarcamientos superficiales. Estos depósitos se desarrollan sobre materiales lutíticos y, como es lógico, se trata de limos y arcillas de tonalidades grises y negruzcas. Son de poco espesor y tienen escasa representación superficial..

Los glaciares y los aluviales-coluviales son los representantes de las formaciones superficiales de origen poligénico.

Los glaciares constituyen, sin duda alguna, uno de los depósitos más característicos de la región, tanto por su litología como por su morfología, dando lugar a extensas y vastas planicies que se sitúan al pie de los relieves. Su pendiente es, por lo general, muy suave tendiendo a descender hacia donde se articula la red fluvial actual. Su disposición subhorizontal, en las zonas más próximas a los interfluvios, ha hecho que en ocasiones se confundan con algunas terrazas, si bien la litología es elemento diferenciador entre ambos tipos de depósitos. Se reconocen y están ampliamente desarrollados en el valle del Aragón, concretamente en la depresión de Sangüesa, a ambos márgenes del río. Los afloramientos se localizan a favor de pequeños cantiles. El canal de las Bardenas ofrece excelentes perfiles de esta unidad.

Litológicamente se caracteriza por la presencia de gravas y arenas con lutitas abundantes bloques. Todo el conjunto se organiza de forma heterogénea, en la que predominan indistintamente las lutitas sobre los depósitos más groseros o viceversa. Las gravas presentan cantos subangulosos y los bloques, por lo general de gran tamaño, pueden llegar 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. Este tipo de materiales se localiza preferentemente en los términos más bajos de la unidad, mientras que en el techo predominan las lutitas decolor ocre.

El origen de estos depósitos está íntimamente ligado a la historia reciente de la región. A veces se observan dos generaciones de glaciares, como ocurre en la Hoja 174-IV Sangüesa, al pie de los relieves de la Sierra de San Pedro, junto al canal de las Bardenas, si bien una de ellas, la más antigua es bastante relictiva. Aunque fuera de zona en la falda meridional de la Sierra de Leyre, se reconocen distintas generaciones de glaciares lo que pone de manifiesto la compleja historia a la que la región se vio sometida durante el Cuaternario. En cuanto a la edad, por su disposición y relación con los sistemas de terrazas de la red fluvial del Aragón, se les asigna al Pleistoceno.

Finalmente se describen los aluviales-coluviales. Por lo general se localizan en áreas de topografía muy suave y en zonas de cursos de carácter ligeramente divagante y bastantes efímeros. Su litología corresponde a materiales finos, lutíticos, que engloban cantos, bien procedentes de las laderas o arrastrados por el propio curso del arroyo.

### **3.5. EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA**

La evolución geomorfológica de esta zona de estudio, se encuentra inmersa dentro de la evolución regional del Pirineo navarro, por lo que siempre hay que enmarcarla dentro de un contexto general más amplio, debido a la necesidad de tener puntos de referencia claros a partir de los cuales se pueda reconstruir la historia del modelado. Por ello, hay que decir que esta zona se encuentra mayoritariamente en la Cuenca del Ebro estando limitado, al norte, por la zona supirenaica.

Geomorfológicamente no existen en la Hoja puntos de referencia conocidos que puedan servir como base de partida para establecer la evolución de procesos y formas, por lo que es necesario salirse de este ámbito de estudio. En Hojas próximas como la de Tiermas (175-I) se reconocen una serie de retazos de una antigua superficie de erosión que, por las cotas a las que se sitúa (1.100-1200 m), se sugiere su equivalencia con la Superficie de Erosión Fundamental de la Cordillera Ibérica (PEÑA et al., 1984) a la que se atribuye una edad Vallesiense-Plioceno, aunque por el

conocimiento que ya se va teniendo de la misma, algunos autores suponen que no sobrepasa el Turoliense. Es decir, a grandes rasgos esta superficie indicaría el final de la erosión y por tanto del relleno neógeno, representado en la mayoría de las cuencas por las “Calizas del Páramo”.

Al finalizar la sedimentación terciaria, existe en todas las cuencas un período en el que tienen lugar una serie de procesos edáficos son formación de costras, karts, etc., que dejan su huella en las calizas terminales de las principales cuencas. A partir de este momento, se produce un cambio en la morfogénesis y las grandes cuencas pasan de un régimen endorréico a uno exorréico. Este cambio supone que los grandes ríos, en su proceso de erosión remontante, llegan a las cuencas, capturando los pequeños cauces recién instalados y se inicia la erosión de los mismos con evacuación de los sedimentos fuera de ellas. Este cambio no es sincrónico en todos los puntos pero sí se supone que marca el paso del Terciario al Cuaternario.

En un área como la de estudio, próxima a una gran cabecera, no existen sedimentos postorogénicos, a excepción de los cuaternarios. Esto hace que el encajamiento produzca profundas incisiones y valles muy encajados, dando lugar a un relieve con grandes diferencias altimétricas, en el que son frecuentes barrancos, cañones, hoces, aristas, como corresponden a una morfología abrupta.

Paralelamente al proceso de encajamiento de la red, en las laderas se originan áreas de erosión y áreas de sedimentación, ocupando, estas últimas las partes más bajas de los valles, donde se desarrollan coluviones, glaciares, deslizamientos, etc.

Para finalizar este apartado hay que añadir que a medida que avanza el Cuaternario (Pleistoceno medio y superior), la red fluvial continúa su proceso de instalación dejando, en algunos tramos, depósitos aluviales (terrazas). Se inicia además la formación de nuevos cauces, es decir, la red secundaria. Mientras tanto la morfología que se va elaborando tanto en las laderas (cóncavas, convexas, regularizadas, etc.), como en los valles (simétricos, asimétricos, en artesa, en “v”, en “u”, etc.), depende en cada punto de la litología, del clima y de la tectónica local.

### **3.6. PROCESOS ACTUALES**

Dentro de la Hoja de Sangüesa (179-IV) el proceso más importante , funcional en la actualidad , es de carácter fluvial.

Dentro de la erosión fluvial uno de los 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, próxima a una gran divisoria, donde se instalan numerosas cabeceras, por lo que dicha erosión va a ser dominante, al menos en un futuro inmediato. Esta erosión 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.

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 Bartonense-Priabonense 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 Priabonense 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 algunas sustancias que si bien no cuentan con indicios registrados en la Hoja, presentan posibilidades de aprovechamiento minero.

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

Se han listado un solo indicio de Cobre, ligado a términos areniscos de la serie terciaria continental. No se conocen indicios de minerales no metálicos.

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

El indicio de cobre existente en la Hoja se sitúa 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 areniscas de la Fm. Javier o bien 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.**

Los indicios destacables de minerales y rocas industriales están referidos a las graveras de las terrazas del río Aragón y Onsella..

#### **5.1.3.1.- Gravas.**

Se han reconocido en la Hoja 4 indicios de gravas. Los puntos de extracción se encuentran situados en terrazas de los ríos Aragón y Onsella. 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.

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

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

#### **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, de las Areniscas de Liédena y de las Turbiditas de Yesa, Gongolaz y Tábar.

## **5.2.- HIDROGEOLOGIA**

### **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 tres intervalos principales separados por unidades comparativamente más competentes con las que presentan parciales cambios laterales de facies. Cada uno de ellos presenta 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 tres intervalos principales están integrados por las siguientes unidades del Mapa Geológico:

- a) Facies lutíticas de Javier (unidad 23)
- b) Facies lutíticas de Sangüesa (unidades 26 y 27)
- c) 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. Se distinguen tres 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 paquetes areniscosos importantes, 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 areniscosos de Javier. Corresponden a la unidad 24 del Mapa geológico, y constituyen intervalos areniscosos de potencia decamétrica que se desarrollan en mayor número en la parte media y alta de las “Areniscas y lutitas de Javier”

b) Facies areniscosos de Sangüesa. Están representadas por la unidad 25 del mapa Geológico, que se sitúa en la parte baja de las “Areniscas y lutitas de Sangüesa”. Presenta un mayor desarrollo en el sinclinal de Rocaforte donde alcanza una potencia de unos 400 m adelgazándose notablemente hacia el sur, en el anticlinal de Aibar por tránsito lateral a los términos lutíticos de la unidad 26.

c) Facies areniscosos 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 areniscosos 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, ya en la Hoja de Aibar /174-I), alcanza (bosque de Sabaiza) su máximo desarrollo, llegando a constituir la totalidad del conjunto de IAS

“Areniscas y lutitas de rocaforte” y definiendo una serie monoclinial con buzamientos generales hacia el sur de más de 1000 m de potencia.

d) 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

e) 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 monoclinas 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 intergranular por descompactación del sedimento en posición próxima a la superficie y a fracturación 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 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.

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 glacis (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 están constituidos por depósitos lutíticos y/o margosos del sustrato terciario, removidos por su fácil ripabilidad.

Los depósitos generados en zonas con deficiencias en el drenaje superficial(unidad 60) aparecen de forma muy aislada definiendo áreas encharcadas. Litológicamente consisten en lutitas grisáceos algo margosas.

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 5 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.

En el contexto de 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 término 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 se presentan suelen tener 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 directos 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-IV correspondiente a Sangüesa 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-Y Tiermas
  - “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. Lumbier
  - “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 Aibar y 174-II Lumbier.

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); Cáseda (174-III) 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 del Cretácico

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 en esta Hoja y las Zonas Geotécnicas.

### CUADRO 1

#### CORRELACIÓN ENTRE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS Y ZONAS GEOTÉCNICAS EN LA HOJA DE SANGÜESA 174-IV

UNIDAD CARTOGRÁFICA	ZONACIÓN GEOTÉCNICA	DESCRIPCIÓN
62	IV <sub>4</sub>	Depósitos antrópicos
45,46,48,49,50,51,52,53,57,58,61,63	IV <sub>3</sub>	Depósitos fluviales, aluviales y poligénicos
54. 56	IV <sub>2</sub>	Depósitos de gravedad
60	IV <sub>1</sub>	Depósitos cársticos y endorréicos
39	III <sub>5</sub>	Conglomerados y areniscas
32	III <sub>4</sub>	Lutitas ocres, areniscas, margas y calizas margosas
23, 26, 31	III <sub>3</sub>	Lutitas con intercalaciones de areniscas
24,25,28,30,35,36,37,38,40	III <sub>2</sub>	Alternancia de areniscas y lutitas ocres

### **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 nº 200	58,2 - 99,8 %
Límite líquido	37,25
Índice plasticidad	20,33

Humedad	14,5
Densidad Proctor	2,05 gr/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima	11,6 %
Indice C.B.R.	4,4
Resistencia a compresión simple (lutitas sanas) :	> 25 Kp/cm <sup>2</sup>
Resistencia a compresión simple (areniscas) :	300-700 Kp/cm <sup>2</sup>
R.Q.D. medio :	80-100 %
Angulo rozamiento interno (∅)	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 kp/cm<sup>2</sup>, 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 kp/cm<sup>2</sup>, valores suficientes para el caso de edificios habituales en los que las cargas proyectadas son inferiores a 3 - 4 kp/cm<sup>2</sup>.

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. Las 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 parte de los relieves en ocasiones algo deprimidos que rodean y/o configuran la depresión de Sangüesa así como los alrededores de Javier.

Se trata de una unidad detrítica, formada fundamentalmente por lutitas rojas y ocres 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>, esperándose asentamientos de consolidación a largo plazo.

##### . Excavabilidad

Son materiales fácilmente 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, debiéndose 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 depresión. También al noroeste de Rocaforte, en el flanco norte de dicho sinclinal se localiza una estrecha banda con las mismas características litológicas. Se trata de un conjunto heterogéneo formado por lutitas ocreas, margas y margocalizas grises de aspecto tableado que en ocasiones intercalan areniscas de espesor decimétrico a métrico.

#### 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 asentamientos diferenciales.
- Alteración 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.

### **5.3.4.2. Área IV**

#### Zona IV<sub>1</sub>

##### - Características Geológico-Geotécnicas

Esta zona está definida por depósitos de zonas endorréicas y cársticas, de naturaleza limo-arcillosa con contenidos variables de materia orgánica y fragmentos de rocas carbonatadas. Se localizan en zonas deprimidas de drenaje deficiente y tapizando el fondo de dolinas, uvalas y formas menores del carst. Presentan una potencia variable, que en el caso de las arcillas de descalcificación, está en función de la intensidad del proceso de carstificación y del tamaño de la forma que rellena.

Desde el punto de vista hidrogeológico presentan una permeabilidad baja a muy baja, debido a su carácter predominantemente arcilloso. Se trata de depósitos arcillosos de extensión reducida y poco consolidados que se comportan como un suelo de consistencia media - blanda.

Dada su estrecha relación con procesos de carstificación, un aspecto importante a considerar y que deberá completarse en cualquier reconocimiento geotécnico de detalle es la intensidad de los procesos de cársticos que presentan los materiales carbonatados subyacentes, y por consiguiente, se analizarán en las situaciones más desfavorables los posibles hundimientos en cimentaciones.

##### - Características constructivas

a. Condiciones de cimentación

A falta de ensayos más precisos pueden considerarse valores contenidos en las diferentes Normas y Códigos. Así, el Código de Práctica Británico establece para este tipo de materiales presiones admisibles entre 0,75 y 3  $\text{kp/cm}^2$ , esperándose asientos de consolidación a largo plazo. Para la Norma DIN 1054 a una profundidad de cimentación de 2 m, las cargas admisibles en este tipo de arcillas es del orden de 2,5 - 3  $\text{kp/cm}^2$ , esperándose asientos en torno a 4 cm.

No obstante aunque presenten una capacidad portante suficiente en algunos casos para determinados tipos de edificios, se localizan en emplazamientos muy desfavorables (áreas endorréicas, zonas de recarga del carst: dolinas, sumideros, etc.) para proyectar sobre ellos cargas concentradas. Por este motivo, y a falta de estudios detallados, se aconseja no utilizar estos materiales como terrenos de cimentación.

b. Condiciones para obras de tierra

. Excavabilidad

Estos materiales se consideran terrenos Medios - Blandos, su excavación podrá realizarse por medios mecánicos sin ningún tipo de problemas.

. Estabilidad de taludes

En general van a depender de la extensión del afloramiento y del espesor de los materiales. Pueden producirse pequeños deslizamientos de carácter superficial.

. Empuje sobre contenciones

Serán variables en función del grado de saturación de los materiales. Pueden considerarse de bajos a medios.

. Aptitud para préstamos

Se consideran materiales En algunas situaciones pueden constituir terrenos marginales en cimientos y núcleos de terraplenes pero nunca en la coronación de los mismos.

. Aptitud para explanada en carreteras

Se trata de Materiales No Aptos.

. Obras subterráneas

En general, las obras subterráneas importantes afectarán al sustrato. Obras de menor entidad, encontrarían un terreno tipificado como “Difícil”.

## 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, glacia de cobertera y glacia 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 (detriticos 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 asientos 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.

#### Zona IV<sub>4</sub>

##### - Características Geológico-Geotécnicas

Se trata de depositos artificiales, acumulados durante la realizacion generalmente de obras civiles. Estan formados bien por margas o por una acumulacion caotica de bloques, cantos y lutitas .desorganizados. La naturaleza de los bloques es muy dispar. aunque por lo general son de areniscas.

##### - Características geotecnicas

Se trata de materiales poco o nada consolidados con gran numero de problemas geotecnicos

##### - Características constructivas

###### a Condiciones de cimentacion.

Son desaconsejables para la construccion por la gran cantidad de problemas que pueden plantear: asientos diferenciables, escasa capacidad portante etc. Para la construccion se recomienda su desmonte y limpieza hasta llegar al sustrato.

###### b Condiciones para obras de tierra.

Excavabilidad. Constituyen terrenos facilmente ripables, de tipo Medios y Blandos. Su excavacion puede efectuarse por medios mecánicos sin dificultad.

- . Estabilidad de taludes. La estabilidad del talud dependerá de la altura a la que se proyecte, pudiendo producirse en ocasiones desprendimientos de cantos y bloques.
- . Aptitud para préstamos. En general, constituyen terrenos inadecuados o aptos para préstamos previo tratamiento
- . Aptitud para explanada en carreteras. Para constituir explanadas no son aptos, necesitando Suelo Adecuado (ej.: grava clasificada). previa compactación y desarrollo
- . Obras subterráneas. Terrenos Muy difíciles para las obras subterráneas de envergadura por lo 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 Navarra 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'Éocène 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. Alternancia irregular de lutitas rojas y ocre y areniscas con intercalaciones de calizas margosas (23) y Areniscas y lutitas rojas (24). “Areniscas y lutitas de Javier”. Headoniense-Sueviense.
- 1.1.1.2. Areniscas y lutitas ocre (25) y Lutitas ocre con algunas intercalaciones de areniscas (26) “Areniscas y lutitas de Sangüesa”. Sueviense-Arverniense inferior.
- 1.1.1.3. 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.
- 1.1.1.4. Lutitas ocre con algunas intercalaciones de areniscas (31). “Lutitas y areniscas de Ayesa”. Arverniense.
- 1.1.1.5. Lutitas ocre, areniscas, margas y calizas margosas grises. Lutitas, calizas y margas de Eslava” (32). Arverniense inferior.
- 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.

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

## 1.2. Cuaternario

### 1.2.1. Pleistoceno.

1.2.1.1. Gravas y lutitas rojas con cantos y bloques ocasionalmente cementados. Conos aluviales antiguos (45). Pleistoceno

1.2.1.2. Gravas, arenas y lutitas con cantos y bloques. Glacis de acumulaciones (46). Pleistoceno.

1.2.1.3. Gravas, arenas y lutitas con cantos y bloques. Terrazas. (48 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. Bloques y cantos con margas y lutitas. Coluviones de bloques (54). 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. Lutitas algo margosas. Zonas de drenaje deficiente. (60). Holoceno.

1.2.2.7. Gravas arenas y limos. Cauces abandonados (61). Holoceno.

1.2.2.8. Acumulaciones antropicas. Escombreras (62). Holoceno

1.2.2.9. 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 lacustres.

3.3.2.4. 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 argosas. 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 geotécnica.
    - 5.3.3.1. Criterios de división.
    - 5.3.3.2. División en Áreas y Zonas Geotécnicas.
  - 5.3.4. Características geotécnicas
    - 5.3.4.1. Introducción
    - 5.3.4.2. Área III
    - 5.3.4.3. Área IV.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**