

HOJA 174 - 1 (AIBAR)

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)	Memoria	
		Cabra Gil, Pilar.	Geomorfología	
		Juan Jose Gomez	Sedimentología	
		Alfredo Garcia de Domingo	Geología regional	
		Alberto Diaz de Neira	Geología regional	

0. INTRODUCCION

La Hoja a escala 1:25.000 de Aibar (174-I), incluida en la Hoja a escala 1:50.000 de Sangüesa, se localiza al Este de Navarra. Desde el punto de vista fisiográfico se encuentra situada en el sector meridional de la zona surpirenaica, abarcando un área delimitada por la cuenca de Jaca-Pamplona el alto de Loiti al norte y los relieves de la Sierra de Izco los de las sierras de Aibar.

Las máximas elevaciones de la Hoja se localizan al norte de la misma en la Sierra de Izco, correspondiendo al pico Anchurda (1037 m.). Por el contrario las cotas más bajas se sitúan en el cuadrante suroriental de la cuadrícula entorno a los 500 m, en las proximidades de Aibar.

La red fluvial es efímera y escasa, siendo los cursos que surcan la Hoja de carácter intermitente y encontrándose por lo general bastante encajados.

La densidad de población es relativamente aunque en la zona se localizan algunas poblaciones destacando las de Aibar que da nombre a la Hoja, Sada de Sangüesa, Leoz, Izco y Abinzano.

La principal ocupación de la población de la zona son las actividades rurales, principalmente la agricultura y ganadería..

La red de infraestructura es muy escasa, localizándose al norte la carretera de Pamplona a Jaca en su paso por el Alto de Loiti y la carretera de Aibar a Lumbier y Tafalla. No obstante son numerosas las pistas forestales en buen estado que surcan la Hoja de un lado u otro de la misma lo que permite acceder fácilmente a distintos parajes de la Sierra de Izco.

Desde el punto de vista geológico la Hoja se enmarca en las estribaciones meridionales del Pirineo occidental o Pirineo navarro, unidad fisiográfica que forma parte de esa importante cadena montañosa lineal que se extiende desde el Mediterráneo hasta el Cantábrico, estructurada en un cinturón de pliegues y cabalgamientos de orientación aproximada E-O con vergencia meridional y desarrollada desde finales del Cretácico superior y hasta finales del Mioceno inferior como consecuencia de la colisión de las placas ibérica y europea. La cadena presenta una elevada simetría con respecto a su franja central, denominada Zona Axial en la que afloran los materiales

más antiguos, paleozoicos, constituidos por rocas plutónicas y metamórficas, que conforman el zocalo regional. Flanqueando a la Zona Axial se disponen las Zonas Nor y Surpirenaica, constituidas por materiales mesozoicos y cenozoicos que integran la cobertera. Esta última zona cabalga sobre la Depresión del Ebro, que constituye la cuenca de antepaís del orógeno pirenaico y se encuentra rellena por sedimentos neógenos postorogénicos.

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

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

La Hoja objeto de estudio se localiza concretamente en el margen más septentrional de la Cuenca del Ebro, presentando un registro muy completo de la serie continental paleógena y de la base del Neógeno, alcanzando espesores superiores a los 5.000 m.. La sucesión continental está formada esencialmente por depósitos aportados por sistemas aluviales de procedencia septentrional y nororiental, con un área fuente pirenaica.

En la esquina noreste de la Hoja afloran materiales del Eoceno superior en facies. Se sitúan geológicamente en la denominada cuenca de Pamplona y constituyen los términos más inferiores del sinclinal de Izaga. Presentan intercalaciones de niveles turbidíticos que son conocidos con el nombre de Turbiditas de Gongolaz y Tabar, dividiendo a las margas en dos grandes conjuntos: el inferior o Fm. Margas de Pamplona y el superior o Fm Margas de Ilundain.

El tránsito a la serie terciaria continental se hace a través de la denominada Fm Guendulain, ampliamente investigada en la región por incluir en su base sales de interés económico. No obstante en la Hoja el contacto con los depósitos continentales se

hace por un importante accidente conocido en la literatura geológica como Falla de Loiti, y que con dirección NO-SE sobrepasa los límites de la Hoja y transcurre desde las proximidades de Monreal, al pie de la Sierra de Aláiz hasta el embalse de Yesa, pasando por el cuadrante nororiental de la Hoja y de donde toma nombre dicho accidente.

En el tercio noroccidental de la Hoja, la serie continental presenta una sucesión monoclinial con buzamientos en general suaves hacia el suroeste. En el sector central y oriental se desarrollan pliegues de vergencia sur y suroeste y de dirección general O.NO-E.SE.

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

1. ESTRATIGRAFIA

1.1. TERCIARIO MARINO

A continuación se describen las distintas unidades cartográficas diferenciadas correspondientes a los sedimentos marinos aflorantes en la Hoja

1.1.1. Eoceno

Exceptuando los términos calcáreos de Luteciense inferior y las Calizas con Alveolinas del Ilerdiense y que no afloran en la Hoja, el Eoceno medio y superior se presenta en facies esencialmente margosas con intercalaciones minoritarias carbonatadas y areniscosas de carácter turbidítico definiendo contextos de plataforma prodeltaica, talud y cuenca con rasgos pelágicos.

Desde el punto de vista estratigráfico para el Eoceno se diferencian cinco conjuntos deposicionales principales que de muro a techo corresponden a :

- A. Cuisiense superior - Luteciense inferior. Está integrado principalmente por depósitos de calizas bioclásticas y calcarenitas (Fm. Calizas de Guara,) que hacia el Norte pasan lateralmente a una serie margocalcárea correlativa con la unidad de Cotefablo del Grupo de Hecho.
- B. Luteciense superior. Constituye un conjunto formado por depósitos margocalcáreos con frecuentes niveles desorganizados dispuestos en marcada relación de on-lap sobre el conjunto anterior que hacia el Norte aumenta de potencia incrementando el contenido en términos margosas e incluye olistolitos calcáreos de grandes dimensiones (unidad 10). Mas al Norte pasa a términos turbidíticos (unidad 8) de la unidad de Fiscal, pertenecientes al Grupo de Hecho.
- C. Luteciense superior - Bartoniense. Está representado por una potente serie margosa con rasgos hemipelágicos que intercala términos turbidíticos muy divididos (Flisch de Iruozki). A muro puede reconocerse un nivel olistostromico con estructura de Megaturbidita asimilada a la MT7 de LABAUME (1983). A techo culmina con el nivel guía de Urroz-Lumbier, conocido en el sector como Limolitas de Urroz. Localmente puede presentar en la parte inferior, desarrollo de

niveles desorganizados que integran bloques de carbonatos de las unidades eocenas infrayacentes.

- D. Bartoniense - Priaboniense. Estos depositos afloran en la Hoja y corresponden al conjunto de las Margas de Pamplona.s.l.. Se divide en dos unidades secuenciales cuya individualización viene dada por la entrada de un tramo de características turbidíticas. De esta forma se distingue un conjunto inferior correspondiente a las Margas de Pamplona s.s.. (unidad14), que en la Hoja de Pamplona (141) culmina con un nivel de plataforma deltaica conocido como calcarenitas de Gazolaz o Areniscas de Cizur (PUIGDEFABREGAS, 1975). El conjunto superior está integrado de muro a techo por las turbiditas de Yesa, Gongolaz y Tabar (unidades 15, 16 y 17), Margas de Ilundain (unidad 18) y a techo un reducido nivel de facies deltaicas que se ha denominado como Areniscas de Celigüeta (unidad 19).
- E. Priaboniense superior - Headoniense. Corresponde a la Fm. Guendulain y marca el tránsito de los ambientes marinos del Eoceno a la sedimentación continental del Oligoceno que se prolonga en la Cuenca del Ebro hasta el Neógeno. Está integrado de muro a techo por depósitos de sales cloruradas (Fm. Evaporítica de Navarra) y Margas fajeadas que no afloran en la zona de estudio y por las Areniscas de Liédena o Galat (unidades 21).

1.1.1.1. Margas grises. Margas de Pamplona. (14). Bartoniense

Afloran en el cuadrante nororiental de la Hoja, en el puerto de Loiti y sus alrededores, conformando estos depósitos gran parte de la depresion de Lumbier que se extiende mas hacia Noreste. Esta unidad se ponen en contacto con las series continentales a traves de la falla que pasa por dicho alto, accidente que tiene una gran continuidad por toda la region.

Los cortes por lo general no son buenos encontrando frecuentemente la unidad cubierta por depositos recientes o por vegetacion, por lo que las observaciones solo se pueden llevar a cabo en afloramientos puntuales

Corresponde a un potente conjunto margoso delimitado a muro por el nivel de Urroz y a techo por la entrada de las turbiditas de Gongolaz y de Yesa.

Su potencia puede superar en algunos puntos los 700 m si bien es difícil de precisar debido a su homogeneidad litológica. Generalmente el conjunto se organiza en secuencias de somerización de orden decamétrico constituidas por margas grises masivas que en vertical incorporan términos de margas calcáreas, a veces nodulosas o limolitas calcáreas margosas. A techo de las secuencias, se desarrollan eventualmente superficies ferruginosas de interrupción sedimentaria y de condensación de fauna con abundantes serpúlidos, bivalvos, Equinodermos, Gasterópodos, Briozoos, Corales y Foraminíferos plantónicos y bentónicos.

Los análisis petrológicos de estas margas, ofrecen valores de un 84% de minerales de arcilla y la calcita, representa un 3%, consistiendo en bioclastos, cuyo tamaño oscila entre 0,05 y 0,5 mm de microforaminíferos, Miliólidos y Globigerinas: Los opacos son el 3% y se presentan en tamaños comprendidos entre 0,02 y 0,25 mm, el cuarzo un 10% de tamaño entre 0,05 y 0,07 mm, con micas se encuentran en un porcentaje menor al 1%.

Los análisis mineralógicos, han determinado un porcentaje de cuarzo que oscila entre el 15-17%, de calcita entre 40 y 51%, de illita entre el 20 y 40%, caolinita entre el 5 y el 12%, attapulgita con el 13% como máximo y ankerita el 6% como máximo.

Los estudios micropaleontológicos han determinado gran cantidad de fauna, entre ella : Textularia recta CUSHM, T. Adalta (CUSHM), t. Speyeri REUSS, Gaudryuina quadrilatera CUSHM, Tritaxilina pupa (GUMB, Gyroidina guayabalensis (COLE), Chilostonella cylindroides REUSS, Nodosaria hermanni ANDR, Valunlina nummulina (GUMB), Cibicides pseudoungerianus CUSHM, Eponides quachitaensis HOWE y WALL, Globigerina senni (BECKM), G. Eocena GUMB, G. Parva BOLLI.

La presencia característica de Globigerapsis kiglori BL&T., Hastigerina micra, COLE y Lenticulina sp., constatada por BROUWER et LA HAYA (1973-74), asociación que presenta un porcentaje superior al 75% en formas plantónicas, permite la asignación al Bartoniense.

Desde el punto de vista paleogeográfico, las Margas de Pamplona constituyen el equivalente en facies prodeltaicas de la Fm. Belsue-Atarés (PUIGDEFABREGAS, 1975) que se desarrolla al SE representando los términos de frente deltaico del sistema. Términos análogos a la Fm. Belsue - Atarés han sido

reconocidos recientemente en la Hoja de Pamplona (141), donde se conocen como Areniscas de Cizur o Calcarenitas de Gazolaz, indicando el desarrollo de aparatos deltaicos de manifiesta procedencia meridional.

1.1.1.2. Margas grises con algunas intercalaciones de areniscas. (15). Alternancia de areniscas ocre y lutitas, (16) “Turbiditas de Gongolaz y Yesa” y Areniscas y lutitas (17) “Areniscas de Tábar”. Bartoniense - Priaboniense inferior

Se localizan estas unidades en las proximidades del Alto de Loiti, en las estribaciones de la Sierra de Tabar, por encima de las margas de Pamplona, descritas en el epigrafe anterior, conformando estos materiales parte del sinclinal de Izaga que se desarrolla mas al Norte.

Los afloramientos son de mala calidad, frecuentemente recubiertos, observandose cortes parciales por lo general a favor de pistas y /o caminos

Este conjunto de unidades corresponde a un intervalo de carácter turbidítico que en el sector del sinclinal de Izaga constituye el criterio de separación entre las Margas de Pamplona s.s y las Margas de Ilundain, mientras que en el ámbito de Yesa se encuentra inmediatamente a muro de la Fm. Guendulain.

Existe un notable número de estudios que hacen referencia al complejo turbidítico (CHAVEZ 1986; LEON, 1975; ADARO, 1988, PUIGDEFABREGAS, 1975 entre otros), en los que se proponen distintas denominaciones: Turbiditas de Gongolar, Tabar y Tajonar, Turbidita de Izaga, canales de Gonzalaz y Tabar, Flysch de Tajonar, para los depósitos turbidíticos existentes en el Sinclinal de Izaga, mientras que se mantiene comúnmente el término de Turbiditas o Flysch de Yesa para los materiales turbidíticos desarrollados en el entorno de esta localidad.

El complejo turbidítico alcanzan unos 400 m de potencia en la Sierra de Tabar (sector oriental del Sinclinal de Izaga). Las paleocorrientes registradas indican una expansion del sistema turbidítico hacia el O.NO.

En el sector de Yesa se estima un espesor de unos 100 -150 m. Las lecturas de las paleocorrientes ofrecen valores dirigidos hacia el S.SO.

Se organiza en conjunto en un ciclo negativo con desarrollo de turbiditas diluidas en la parte inferior (unidad 15), con alta proporción en margas frente a niveles de areniscas. Las facies turbidíticas diluidas se interpretan como depósitos de over-bank distales ligados a sistemas con amplio desarrollo de facies canalizadas. Las capas de areniscas presentan tamaños de grano de fino a muy fino, potencias de orden centimétrico y desarrollan únicamente los términos superiores de las secuencias de Bouma.

La parte media a superior del complejo turbidítico está caracterizada por una alternancia rítmica entre pelitas grises y areniscas (unidad 16), con incremento progresivo en areniscas hacia techo (de $\approx 50\%$ a $> 75\%$). La sedimentación de este intervalo se articula a partir de canales turbidíticos menores, facies de over - bank asociadas y lóbulos. Los canales turbidíticos menores presentan potencia de orden métrico y extensión lateral decamétrica - hectométrica. Están representados por secuencias estratodecrecientes integradas por capas amalgamadas de areniscas de grano grueso a fino con granuclasificación positiva, lag de cantos blandos y huellas de corriente en la base. Con frecuencia se desarrollan en sus márgenes, depósitos desorganizados (slumping y debris - flow).

Los depósitos de over-bank constituyen alternancias rítmicas entre pelitas grises y niveles tabulares de areniscas de grano medio a muy fino de potencia centidécimétrica. Estos presentan granuclasificación positiva moderada, laminación paralela, climbing ripples, escapes de fluidos y fenómenos de deformación por carga de pequeña envergadura.

Las formas asimiladas a lóbulos se reconocen como secuencias estratocrecientes de potencia métrica representadas por alternancias entre areniscas de grano fino y pelitas en la base y por capas tabulares amalgamadas de areniscas de grano grueso - medio a fino que presentan secuencias de Bouma bastante completas. Se interpretan como lóbulos ligados a la desembocadura de los canales turbidíticos y se deduce un radio de expansión moderado, de orden hectométrico.

Litológicamente las areniscas muestran un grado de selección medio-alto, se encuentran bien cementados y los componentes clásticos consisten principalmente en granos de cuarzo y bioclastos (foraminíferos planctónicos y bentónicos, restos de briozoos, corales, bivalvos, gasterópodos y fragmentos vegetales).

En la parte alta de la Sierra de Tábar el complejo turbidítico del sinclinal de Izaga culmina con un tramo de areniscas bastante masivas (unidad 17) diferenciado como Areniscas de Tábar (PUIGDEFABREGAS, 1975). Cartográficamente constituye una forma canalizada de unos 100 m de potencia máxima y unos 8 km de extensión lateral.

Internamente el tramo está representado por canales menores de potencia métrica - decámetrica cuyas secuencias de relleno se organizan en ciclos positivos compuestos por capas de areniscas de grano muy grueso a medio con muy frecuentes niveles de cantos blandos, lags bioclásticos, estructuras internas muy tractivas y frecuentes convuluciones.

En los estudios analíticos realizados por LEON, (1985) sobre los niveles de areniscas de las facies turbidíticas de Izaga, se registran contenidos del 60% en granos de cuarzo con tamaños comprendidos entre 100 y 400 μ , 5% en feldespatos y litoclastos calcáreos, 20% en bioclastos y 15% de ortoquímicos representados casi exclusivamente por micrita. En las areniscas más bioclásticas, puede aumentar considerablemente el contenido en bioclastos, incorporando pellets hasta el 15%, y se registra un incremento en ortoquímicos (35-45%), mientras que los componentes terrígenos raramente superan valores del 20%.

La turbiditas de Yesa han sido caracterizadas petro y mineralógicamente por CHAVEZ, 1986. El principal componente aloquímico corresponde a granos de cuarzo subangulosos (30-40%) de tamaño comprendido entre 0,1 y 0,2 mm, seguido por los bioclastos (15-30%) y litoclastos e intraclastos calcáreos (5%), mientras que los feldespatos están presentes en proporciones inferiores al 1%. Los ortoquímicos aparecen en contenidos del 40-50% correspondiendo esencialmente a micrita.

Las pelitas grises que alternan con las areniscas muestran una asociación de minerales de arcilla compuesta por un 60% de illita, 10% en caolinita, 5% en clorita y 25% en interstratificados (illita clorita).

Las determinaciones paleontológicas muestran una asociación riquísima en foraminíferos bentónicos, en general resedimentados representados principalmente por Nummolites Discocyclinas y Miliólidos, mientras que las formas pelágicas corresponden principalmente a Globigerínidos. Entre estos últimos destaca la presencia

de G. Cerroazulensis (COLE), G. ceperoensis angustiamblicata (BOLLI) y G. Rohri (BOLLI), que caracterizan el Priaboniense inferior.

1.1.1.3. Margas grises. Margas de Ilundain.(18). Priaboniense inferior

Dentro de este apartado se describe un conjunto de materiales detritico-carbonatados, de características muy semejantes a las margas de Pamplona que se localizan en el límite más septentrional del cuadrante nororiental de la Hoja, en el Señorío de Celigüeta. Los afloramientos son de muy mala calidad no existiendo cortes representativos de esta unidad.

La Fm. Margas de Ilundain constituye la parte superior en facies prodeltaicas del conjunto esencialmente margoso del Bartonense-Priaboniense inferior. Litológicamente es muy similar a las Margas de Pamplona s.s. de las que sólo se distingue por su situación estratigráfica.

De acuerdo con lo expuesto, la unidad está representada por margas grises masivas que desarrollan secuencias de somerización en medios prodeltaicos, de orden decamétrico evidenciadas por la incorporación de margas calcáreas y limolitas calcáreo-margosas en la parte superior. Los términos más altos de la unidad intercalan localmente horizontes de margas anóxicas negras ricas en materia orgánica de aspecto bituminosa o carbonosa, que reflejan estados tempranos de confinamiento en la cuenca.

La potencia de esta unidad oscila entre 300 y 400 m, determinándose en los estudios micropaleontológicos, gran cantidad de fauna, entre ella : Guadryina quadrilatera CUSHM, Plectina eocenica CUSHM, Textularia recta CUSHM, T. Adulta CUSHM, T. Speyeri REUSS, Gyroidina guayabalensis COLE, Eponides caralinensis navarraensis COLOM, Nodosaria soluta (REUSS), Cibicides lobatus (WALK y JAL), que asignan a esta unidad como al Priaboniense.

Análisis mineralógicos efectuados sobre estos materiales han determinado por difracción de rayos X, un 48% de fisisilicatos, 17% de cuarzo y un 35% de calcita, de los materiales arcillosos el 61% es illita, 21% clorita, 10% caolinita y un 8% esmectita.

Desde el punto de vista paleogeográfico la Fm. Margas de Ilundain representa la sedimentación en régimen prodeltaico ligado a los sistemas de Martés y

Villalangua (REMACHA c.p.), definidos por PUIGDEFABREGAS (1975) al SE de la Cuenca de Jaca - Pamplona.

1.1.1.4. Calcarenitas y areniscas ocreas (19). Priaboniense inferior

Se trata de un intervalo de unos 15 m de potencia que aparece a techo de las Margas de Ilundain , al Norte de la Hoja, en las cercanías del Señorío de Celigüeta. Se puede reconocer con relativa facilidad además de por su litología, por que constituye un pequeño resalte estructural de cierta continuidad en el periclinal de Izaga. Las mejores observaciones se pueden llevar a cabo a favor de una pequeña barranquera que se localiza en el límite de la zona estudiada

Litológicamente está formado por calcarenitas y areniscas bioclásticas de tonos ocreas y amarillentos dispuestos en bancos tableados de potencia decimétrica. El tamaño de grano es de grueso al medio, el cuarzo constituye junto con los bioclastos el principal componente clástico de la roca, apareciendo de forma minoritaria, micas, fragmentos de rocas metamórficas y calcáreas y como accesorios es característica la presencia de óxidos de hierro y en menor medida glauconita. El cemento es carbonatado y ferruginoso observándose un predominio de la esparita. Los bioclastos están representados por fragmentos muy reabajados de equínidos, briozoos, corales, serpúlidos, bivalvos, algas y foraminíferos bentónicos.

Las estructuras sedimentarias más comunes están producidas por el oleaje, observándose wave ripples en estratificación flaser y wavy, laminaciones onduladas, y estratificación cruzada sigmoidal y bimodal de mediana escala.

La unidad se enmarca en un contexto de frente deltaico constituyendo los términos superiores de progradación hacia y N y NO del sistema de las Margas de Ilundain.

1.1.1.5. Areniscas ocreas y lutitas grises (21). Areniscas de Liédena. Priaboniense superior - Headoniense

Aparecen representadas en esta Hoja al Norte de la misma, en un pequeño afloramiento junto al Señorío de Celigüeta., extendiéndose ampliamente fuera de los límites de la zona de estudio

Las Areniscas de Liédena (MANGIN, 1959-60) o de Galar (DEL VALLE y PUIGDEFABREGAS, 1978) constituyen un intervalo de unos 100-150 m de potencia compuesto por areniscas ocre-amarillentas generalmente tableadas, y representan los últimos depósitos con influencia marina en la cuenca de antepaís surpirenaica.

Si bien su posición más común es a techo las Margas fajeadas, pasan lateralmente a las anteriores sustituyéndolas totalmente en algunos casos. Litológicamente son arenas y areniscas micáceas de grano fino con delgados niveles de limos y margas.

Presentan estratificación linsen, wavy y flaser, laminación cruzada planar y bimodal, ripples de oscilación y de corriente, huellas de desecación, escapes de fluidos, deformación hidrolástica, slumping y debris flow, y huellas de aves. Su aspecto más habitual es de un tableado centi a decimétrico en capas tabulares ligeramente gradadas con ripples a techo, que excepcionalmente presentan huellas de base, y lag de cantos blandos. Esporádicamente aparecen niveles métricos canalizados con estratificación cruzada y cantos blandos.

Las Areniscas de Liédena se interpretan como depósitos deltaicos en medios lagunares sometidos a un régimen esencialmente intermareal. Las capas tabulares indican cierta turbidez en la sedimentación y los cuerpos canalizados se interpretan como colectores principales del flujo y emisarios de materiales a la cuenca lagunar.

Si bien el complejo sedimentario de la Fm. Guendulain, se desarrolla en una cuenca confinada, la influencia marina está demostrada en todo el conjunto. Es necesaria la comunicación con el mar para ser posible la regeneración de las salmueras que originan los depósitos evaporíticos y los términos detríticos superiores muestran rasgos mareales.

Los análisis petrográficos llevados a cabo por LEON, I. (1985) indican que en las areniscas, los elementos detríticos suponen el 65% de la roca y consisten esencialmente en granos de cuarzo de tamaño medio a fino (50-150 μ a 150-300 μ) y en menor medida, litoclastos calcáreos, cuarcitas, plagioclasas y micas. Los bioclastos

están presentes en un 5% correspondiendo a foraminíferos resedimentados (Miliólidos) radiolarios y fragmentos vegetales. El cemento es calcáreo y registra valores de un 30%.

En las lutitas el contenido en carbonatos alcanza registros del 30%, incluyendo bioclastos hasta un 5% y micas y óxidos de hierro como accesorios (hasta un 10%). El cortejo arcilloso muestra respecto a las Margas fajeadas, un incremento notable en caolinita (10-30%), si bien la illita sigue siendo el mineral arcilloso predominante (50-70%) y la clorita e interestratificados mantienen los valores registrados (en torno al % en ambos casos).

En la Hoja MAGNA a escala 1:50.000 de Sangüesa se ha determinado la presencia de (*Cyrogona*, cf. *wrighti* (REID y GRAVES), *Harrichara tuberculata* (LYELL), *Rabdochara stockmansi* (GRAMB.) y *Stehanochara* sp. que es una asociación propia del Oligoceno inferior. Este dato contrasta con las atribuciones cronoestratigráficas modernas que tienden a situar el complejo evaporítico lagunar presente en la cuenca de antepaís surpirenaica (Fm. de Cardona, en la cuenca evaporítica catalana y Fm. Guendulain en Navarra) en el Priaboniense superior. Por estos motivos y principalmente por su posición estratigráfica, se atribuye una edad de Priaboniense superior - Headoniense a las Areniscas de Liédena.

1.1.2. Análisis secuencial y paleogeográfico del Paleógeno marino (Paleoceno-Eoceno).

A pesar de no existir un registro completo en esta Hoja del Paleogeno marino y teniendo en cuenta que este aflora en su totalidad en áreas próximas y para una mejor comprensión de la evolución de la región, se hace referencia en este apartado a un análisis secuencial y paleogeográfico completo de los sedimentos marinos que afloran en todo este sector.

A grandes rasgos, la sucesión del Paleoceno - Eoceno en la zona de estudio se divide en, una parte inferior carbonatada de edad Paleoceno - Luteciense inferior y una potente serie esencialmente margosa que culmina a finales del Eoceno con depósitos evaporíticos y areniscosos.

Los términos calcáreos inferiores (Paleoceno - Luteciense) corresponden a plataformas carbonatadas desarrolladas en el margen meridional de la cuenca de

Pamplona. El espacio estratigráfico comprendido entre el Ilerdiense y el Luteciense, se encuentra representado, hacia el Norte de la cuenca, por una potente serie turbidítica, conocida a grandes rasgos como Flysch eoceno (SOLER y PUIGDEFÁBREGAS, 1970) y que es equivalente al Grupo de Hecho (MUTTI et al., 1972). Se han diferenciado cuatro conjunto carbonatados limitados por rupturas sedimentarias, de muro techo son : Daniense a Thanetiense inferior, Thanetiense superior- Ilerdiense y Luteciense inferior - medio.

La sucesión esencialmente margosa del Luteciense medio - superior a Priaboniense se ha dividido en tres grupos secuenciales correspondientes a los intervalos del Luteciense superior (unidad de Arro-Fiscal), Luteciense superior - Bartoniense (Flysch de Irurozqui, Margas de Larrés y nivel de Urroz), y Bartoniense - Priaboniense (Margas de Pamplona), si bien los dos últimos grupos pueden subdividirse respectivamente en dos unidades secuenciales menores.

La Fm. Guendulain, del Priaboniense superior, se trata de forma individualizada en su estudio secuencial y paleogeográfico.

• **Daniense a Thanetiense inferior**

Representa los términos basales de la transgresión paleocena. Se dispone probablemente mediante una superficie de truncación sobre el Garumniense en relación de on-lap hacia el este y directamente sobre el Cretácico superior hacia el oeste y noroeste. Presenta en conjunto una tendencia somerizante no muy marcada que se manifiesta por un incremento gradual de la granulometría e incorporación progresiva de componentes terrígenos al depósito.

• **Thanetiense superior**

El Thanetiense superior se presenta en facies de plataforma mixta somera. El contacto con el Dano-Montiense y Thanetiense inferior está determinado por el contacto dolomías/calizas y por la progradación local de términos clásticos en la base. El conjunto del Thanetiense superior, representado esencialmente por complejos de barras carbonatadas submareales, se organiza en varias secuencias de somerización de varias decenas de metros. El contacto con el Ilerdiense está remarcado localmente por una superficie de alteración con posibles rasgos paleokársticos.

- **Ilerdiense**

El Ilerdiense está representado por facies carbonatadas organizadas en secuencias de barras bioclásticas litorales. En conjunto configuran una secuencia global de somerización. Hacia el norte pasan a facies margocalcáreas de margen de plataforma y prodeltaicas (Fm. Margas de Millaris, VAN DE VELDE, 1967).

El contacto con la unidad suprayacente está marcado por una importante discontinuidad sedimentaria responsable de una laguna sedimentaria que comprende el Ilerdiense superior y la mayor parte del Cuisiense.

- **Luteciense inferior**

Corresponde a la Fm. Calizas de Guara integrada por facies carbonatadas de plataforma somera. Se distinguen dos secuencias mayores de somerización y hacia el norte disminuye de potencia y empieza a incorporar en la base, términos margocalcáreos de margen de plataforma. En sectores más septentrionales, fuera de la zona estudiada pasa a depósitos pelíticos de talud y a complejos turbidíticos correspondientes probablemente a la unidad de Cotefablo (REMACHA, 1983) comprendida entre las megacapacarbonáticas MT4 y MT5 de LABAUME et al (1983).

El límite superior está evidenciado por el on-lap hacia el margen meridional de la cuenca de diferentes unidades margosas suprayacentes y por una superficie de alteración sobre las calizas de la Fm. Guara.

- **Luteciense superior**

Constituye la primera de las unidades margosas, que se disponen en relación de on-lap sobre la serie carbonatada de la Sierra de Leyre, adelgazándose hacia el sur en las proximidades de Lumbier. Está representada mayoritariamente en la zona estudiada por facies margocalcáreas desorganizadas propias de un medio de talud, que configuran una secuencia general de somerización evidenciada por un mayor desarrollo de términos carbonatados a techo. Incorpora, en la Foz de Arbayun, bloques calcáreos de grandes dimensiones que podrían correlacionarse tentativamente con la MT6 o de Fago (LABAUME et al., 1983). Hacia el norte

pasa a facies turbidíticas pertenecientes a la unidad de Fiscal, que se encuentra comprendida entre las megaturbiditas MT5 y MT7 (LABAUME et al., 1983).

• **Luteciense superior - Bartoniense**

Corresponde a un conjunto margoso con intercalaciones de turbiditas diluidas (Flysch de Irurozqui) que termina con el nivel de Limolitas de Urroz. Su límite inferior está caracterizado por la aparición de la MT7. En conjunto muestra una clara relación de on-lap hacia el sur.

El conjunto se subdivide en dos secuencias limitadas por el intervalo con mayor desarrollo de facies turbidíticas. La secuencia inferior no presenta una organización secuencial definida y está integrada por ciclos menores de somerización en medios de plataforma abierta con rasgos pelágicos. El ciclo superior muestra un contacto relativamente neto con el anterior y constituye una unidad secuencial muy completa con desarrollo de facies turbidíticas en la base ligadas a complejos de canales turbidíticos (complejo de Rapián) experimenta una progresiva dilución en vertical dando paso a depósitos pelíticos prodeltaicos (Fm. Larrés) y termina con el desarrollo de plataformas deltaicas distales (Limolitas de Urroz).

• **Bartoniense - Priaboniense**

El intervalo del Bartoniense - Priaboniense está representado por las facies prodeltaicas características de la Fm. Margas de Pamplona y depósitos turbidíticos asociados (Turbiditas de Yesa, Gonzolaz y Tabar). Se divide en dos conjuntos. El conjunto inferior corresponde a las Margas de Pamplona s.s. representado en la zona estudiada íntegramente por facies pelíticas prodeltaicas. Se encuentra relacionado con el delta de Atarés que tiene su equivalente en la Hoja de Pamplona (141) en el nivel de Areniscas de Cizur (DEL VALLE y PUIGDEFABREGAS, 1978) a Calcarenitas de Gazolaz. El conjunto superior está constituido en su parte inferior por un complejo de canales turbidíticos imbricados encajados en las Margas de Pamplona y que presentan en conjunto una retrogradación progresiva por on-lap hacia el ESE. Los términos pelíticos de la secuencia corresponden a las Margas de Ilundain y están conectados

genéticamente con las facies deltaicas de Martés - Villalangua. Es característico de la unidad el desarrollo a techo de depósitos pelíticos anóxicos.

• **Priaboniense superior**

Corresponde a la Fm. Guendulain. La formación evaporítica basal se asocia a una etapa de máximo confinamiento de la cuenca e implica una evidente caída de la lámina de agua. Lateralmente se relaciona con las Margas fajeadas, distribuidas en zonas lagunares marginales con aporte episódico de agua dulce. El resto de la secuencia está compuesta por términos arenosos que indican un humedecimiento climático relativo y progradación hacia el sur del sistema deltaico lagunar, mostrando abundantes rasgos mareales y litorales.

1.2. TERCIARIO CONTINENTAL.

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

.La división estratigráfica más general propone tres grandes conjuntos deposicionales limitados entre sí por rupturas sedimentarias continuas. De muro a techo 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 alviales y el paso hacia el Oeste y Suroeste a ambientes lacustres salinos.

La Fm Javier corresponde en términos generales a la 2ª UTS definida en las hojas MAGNA de la región (IGME, 1987). Está representada por facies aluviales distales al Este y pasa hacia el Oeste a términos más fangosos y carbonatados.(Facies de Zabazalza, 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) y 174 - IV (Sangüesa) se han distinguido un total de 8 ciclos sedimentarios que caracterizan la sucesión estratigráfica del Terciario continental que 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 continuacion se pasa a una descripcion de cada una de las unidades aflorantes en la Hoja.

1.2.1. Oligoceno

1.2.1.1 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 estos depositos al Norte de la Hoja, entre las localidades Abinzano e Izco, poniendose en contacto con las series marinas del Eoceno a traves de la falla de Loiti.

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 charcustras y perilacustras,

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 terminos 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 evaporitcos 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 charcustras 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 calizass 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 interestratificados (5- 15%) con aparición de motmorillonita de hasta el 25% en la parte inferior.

En la hoja MAGNA a escala 1:50000 de Sangüesa (IGME, 1987) los análisis petrográficos realizados sobre los areniscas reflejan los siguientes valores: 20 - 30% de granos de cuarzo, 0 - 5% de feldespatos, 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.

Se han distinguido los 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 areniscosos 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 compuestos 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 fluídos, 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 areniscosos 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 ocre 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. Están representadas 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 micropaleontologicos expuestos y de acuerdo con la posición estratigráfica de estos depósitos se establece para las unidades 23,y 24 una edad de Headoniense - Sueviense.

1.2.1.2. Areniscas y lutitas acres (25) y Lutitas ocre con algunas intercalaciones de areniscas (26), “Areniscas y lutitas de Sangüesa”. Sueviense - Arverniense inferior.-

Afloran estas dos unidades por la mitad septentrional de la Hoja, bien en serie monoclin al Oeste, conformando los relieves de la Sierra de Izco, como al Este formando el flanco norte del sinclinal de Rocaforte. En los sectores más nororientales, en el puerto se pone en contacto con las margas de Pamplona a través de la falla de Loiti.

Se reconocen estos materiales al sureste de la Hoja en el núcleo de la estructura del anticlinal de Aibar. También se pueden observar al Norte en la pista que asciende al repetidor de Anchurda así como al Noroeste de Leache.

Esta unidad litoestratigráfica ha sido denominada informalmente en el presente trabajo como “Areniscas y lutitas de Sangüesa”, está representada por un potente conjunto aluvial que supera en algunos puntos los 1000m de potencia. Configura de forma global un ciclo positivo con desarrollo de facies predominantemente areniscosas en la base (25) lutíticas a techo (26).

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

La descripción sistemática de facies se refiere a todo el conjunto de las “Areniscas y lutitas de Sangüesa”, y en ella se han distinguido los siguientes asociaciones:

-Facies canalizadas. Constituyen niveles de potencia métrica de areniscosos 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 muro al conjunto de “Areniscas y lutitas de Sangüesa” donde las secuencias de relleno alcanzan potencias superiores a los 5 m. No obstante las formas canalizadas aparecen distribuidas de forma minoritaria a lo largo de la unidad 26, si bien muestran potencias más reducidas y de menor continuidad lateral.

Facies areniscosas no canalizadas. Alcanzan un gran desarrollo en la unidad 25 correspondiendo en general a alas de expansión de depósitos de overbank ligados lateralmente a cuerpos canalizados, si bien son abundantes también los depósitos de sheet-flood. Normalmente constituyen niveles de areniscas de grano medio a fino, de potencia decimétrica, tableados o alternando con lutitas ocres. Presentan convoluciones,

escapes de flúidos, 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 ocre homogéneas, bioturbadas, con eventuales horizontes de suelos hidromórficos rojos.

La descripción petrográfica y mineralógica se realiza a partir de los datos aportados por LEON (1985). La petrografía de las areniscas indica que el cuarzo constituye el principal componente clástico (35%), correspondiendo el resto de litoclastos (30%) a calizas, cuarcitas y plagioclasas. Los bioclastos (10%) corresponden a foraminíferos resedimentados, reconociéndose mica y glauconita (5%) como accesorios. El cemento (20%) es calcáreo y se aprecia un cierto contenido en matriz arcillosa.

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

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

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

1.2.1.3- 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.

Afloran estas unidades ampliamente en todo el sector central de la Hoja , conformando los relieves de dicha zona así como el sinclinal de Rocaforte ampliamente desarrollado en la mitad oriental Hoja.

Los mejores cortes o puntos para llevar a cabo observaciones de esta unidad se tienen en la carretera de Aibar a Lumbier así como en algunas de las pistas que transcurren por los sectores centrales de la Hoja y por el bosque de Sabaiza.

El conjunto sedimentario descrito en este apartado 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 lúitico (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 acuña pasando lateralmente a depósitos lúiticos (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.

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

Se describen en este apartado un conjunto de materiales que ocupan una buena parte de la mitad occidental de la Hoja, formando el flanco más septentrional del sinclinal de Ayesa.

Los mejores puntos de observación se tienen en las proximidades de Leoz, así como a lo largo de las distintas pistas que surcan toda esta mitad occidental. También se reconoce a favor de pequeñas barranqueras. No obstante el tipo de litologías que caracterizan 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 denominada “Unidad de Leoz” y con la “Unidad de Sangüesa”, si bien esta última y como se puede observar en dicho mapa, 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.

Desde el punto de vista litológico en este epígrafe se han incluido dos unidades. La unidad 31 que es la que caracteriza propiamente dicho este apartado y la

unidad 33, que corresponde a intercalaciones detríticas que destacan en el paisaje sobre el resto del monótono conjunto litológico.

La característica fundamental de esta unidad es la presencia abundante de lutitas. Efectivamente la unidad está formada por una monótona sucesión de finos, en general arcillas, de tonalidades muy claras, al menos con respecto a las de las series suprayacentes y de color ocre. El aspecto es masivo, e intercalan delgados niveles de areniscas. A veces las lutitas presentan ciertas tonalidades rojizas, debidas a procesos 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 decimétrico aunque aisladamente se llegan a reconocer de espesor métrico, también con ripples a techo, base irregular y poca continuidad lateral. Son muy frecuentes a techo los procesos de bioturbación así como la presencia de mud-cracks.

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

Ocasionalmente y en zonas de tránsito a la unidad 32, a la que se pasa lateralmente, se reconocen algunos tramos lutíticos 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 centimétrico, también con estructuras de desecación a techo.

Desde el punto de vista sedimentario todo este conjunto heterogéneo de depósitos hay que enmarcarlos en un contexto de ambiente fluvial distal, de llanura de fangos, afectados por procesos edáficos, cortadas esporádicamente por canales procedentes de sectores más septentrionales y nororientales que de forma irregular drenarían esta zona.

La edad de estas dos unidades está asignada en base a los argumentos paleontológicos o restos faunísticos 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 monotonó conjunto de materiales lutíticos aflorantes en gran parte del núcleo del anticlinal de Eslava.

1.2.1.5. Areniscas grises. “Areniscas de Abaiz” (34). Arverniense superior.

Se trata de un nivel detrítico de gran continuidad lateral que se localiza en toda la Hoja, dibujando la estructura sinclinal de Ayesa así como, más al sur, fuera ya de Hoja el anticlinal de Eslava.

Uno de los puntos donde mejor está caracterizada esta unidad es en el flanco meridional de la citada estructura, concretamente junto a la localidad abandonada de Abaiz, de donde se toma nombre informal para este trabajo. En la Hoja se localiza desde el sur de Marjones, pasando por el alto de Guetadar hasta las proximidades de Leoz en forma de una estrecha banda que se extiende hacia el noroeste..

Morfológicamente y favorecido por el buzamiento de las capas, da lugar a un resalte de cierta continuidad. En el sector de Ayesa-Eslava, justo en el límite más meridional, destaca por el fuerte contraste litológico con las unidades infra y suprayacentes, que resultan ser mucho más lutíticas.

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

En las proximidades del repetidor de Ayesa se puede reconocer de forma parcial una monótona serie alternante de areniscas de espesor métrico a decimétrico con lutitas ocreas y a veces algo rojizas, con cantos blandos en la base, y cicatrices de amalgamación internas, por lo general muy tendidas, laminación paralela, estratificación linsen y ripples. Hacia la parte alta de la serie y en este paraje se reconocen formas más canalizadas de espesor métrico, tamaño de grano de medio a fino con base erosiva, aunque tendida, que alternan con lutitas de tonalidades ocreas.

Las facies y organizacion secuencial de todos estos depositos, al igual que muchas de las unidades que se describen en este capitulo, ponen de manifiesto un origen o genesis claramente fluvial, con aportes procedentes de zonas septentrionales, por lo que las facies mas distales y menos potentes se localizan al sur de la Hoja, intercalandose con depositos lutiticos.

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

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

Aflora esta unidad en el cuadrante suroccidental de la Hoja, conformando la parte mas alta y el nucleo del sinclinal de Ayesa a lo largo del flanco meridional del anticlinal de Eslava. Hacia el oeste tiende a acunarse hasta llegar a desaparecer, en las proximidades de Leoz, mientras que, a nivel regional y hacia el Este se extiende con adquiriendo mayor representatividad, aunque fuera ya de la cuadrícula.

Constituye este conjuntolitológico, la base de la serie de las denominadas informalmente en este trabajo “Areniscas y lutitas de Uzquita” y equivaldria a grandes rasgos tanto a parte de la “Unidad de Leoz” de la Hoja de Sangüesa (IGME 1987) como a la denominada a nivel regional Fm. Sos del Rey Catolico (PUIGDEFABREGAS 1975 y GOBIERNO DE NAVARRA 1997).

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

Litológicamente la unidad esta 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 decimetrico a metrico e incluso a veces con tonalidades rojizas por tincion de las lutitas.

Las areniscas suelen ser de tamaño de grano de medio a fino y destacan mas , a pesar que tienden a acunarse hacia los sectores mas occidentales. La geometria 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.

1.2.1.7. 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 que han sido diferenciadas en la cartografía, en función de la distinta proporción de sus componentes litológicos

Ambas se extienden formando parte del flanco septentrional del sinclinal de Ayesa-Olleta, tomando nombre informal de una localidad de la Hoja. Equivalen a la denominada Unidad de Leoz (IGME, 1987) así como a parte de la Fm. Sos del Rey Católico (PUIGDEFABREGAS, 1975 y GOBIERNO DE NAVARRA 1997)

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

Los mejores cortes o afloramientos se tienen en los alrededores de Uzquita, en el límite occidental de la Hoja. Fuera de ella, en el flanco meridional del sinclinal de Ayesa, se puede reconocer en la pista que de acceso al repetidor y en las que discurren a favor de los barrancos que cortan normalmente la dirección de las capas.

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

Las areniscas son de grano medio a fino y se organizan en cuerpos de tamaño decimétrico a métrico en los sectores meridionales y métrico en los septentrionales, aumentando además la granulometría de las areniscas. En el sur son muy frecuentes los cuerpos de geometría planoparalela o de base erosiva muy tendida, que con frecuencia contienen cantos blandos en la base. Hacia techo existe una disminución granulométrica muy clara, predominando los términos lutíticos.

En la Hoja la granulometría de las areniscas ya es mayor, incluyendo cantos llegando incluso a constituir a microconglomerados, al igual que el espesor de los cuerpos que llega a alcanzar entre los 3-5 m de potencia así como una gran continuidad lateral, si bien se mantiene la base tendida característica de este tipo de canales en esta unidad.

Las estructuras sedimentarias son muy frecuentes, reconociéndose numerosas estructuras de corriente tipo estratificación cruzada, laminación paralela, *ripples*, facies de *over-bank*, *crevases* 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 depositos se situarian en el Arverniense superior.

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

Se describen aqui una sucesion detritica y monotona. que dibuja el sector central del sinclinal de Ayesa. Toma nombre la unidad de los afloramientos existentes junto a la ermita de San Zoillo, en la carretera a Carcastillo, en la Hoja 174-III de Cáseda.

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

Los mejores afloramientos en la Hoja 174-I se localizan a favor de las pistas deque discurren por el sector central del sinclinal de Ayesa, en el cuadrante suroccidental de la Hoja.

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 así como cantos blandos en la base de las areniscas y a veces algún canto disperso

Petrográficamente, según (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 sílex con 5-10% y los fragmentos de roca a veces con bioclastos que llegan a representar hasta un 20%.

Las lutitas tienen espesor métrico, de 2 a 3 m e incluso a veces más. Son de tonalidades rojizas u ocreas en función del tipo de afloramiento, apareciendo asociadas a las areniscas. A veces se reconoce bioturbación y son frecuentes los procesos edáficos.

Desde el punto de vista sedimentario todos estos depósitos están formados por secuencias progradantes de relleno de canal, indicativas de un medio fluvial de distinta configuración en función 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.

1.2.2. Mioceno

1.2.2.1. Alternancia de areniscas y lutitas ocreas y rojas. (40). Ageniense

Dentro de este apartado se incluye una unidad cartográfica de carácter eminentemente detrítico, que al sur, fuera ya de Hoja intercala niveles conglomeráticos.

Se extiende por el cuadrante suroccidental de la Hoja, conformando los relieves de proximidad al Alto de Lerga. Hacia el sur dibuja parte del flanco meridional de la estructura anticlinal de Eslava.

Los mejores cortes se localizan a favor de las pistas forestales que cruzan el sinclinal. Fuera de Hoja, aflora ampliamente en ambos márgenes del río Aragón, preferentemente en la derecha junto a Gallipienzo. También hay un buen corte en la

carretera de Cáseda a Carcastillo y en la Sierra de San Pedro. Con frecuencia ambas unidades aparecen en parte cubiertas por coluviones, canchales o vegetación.

Morfológicamente apenas destaca en el paisajando lugar a relieves tipo cuestras y a farallones a veces de cierta consideración, dando lugar a un paisaje monótono de alternancia de capas duras y blandas donde apenas destacan la traza de las mismas.

Litológicamente la unidad tiene un marcado carácter detrítico. Mientras que al sur de la región la serie comienza por una serie conglomerática de más de 200 m. con buzamientos relativamente altos, en esta zona, aparece como un conjunto de areniscas y lutitas rojas de espesor métrico. Todo este conjunto de forma rítmica y organizada, se sucede en secuencias positivas con un espesor de más de 200 metros.

.Las areniscas son grises y ocres, de tamaño de grano de medio a grueso, a veces con cantos dispersos y se encuentran organizadas con las lutitas en secuencias métricas con una tendencia grano y estratocreciente. Las areniscas son de tamaño métrico con base muy plana o tendida, en ocasiones irregular, erosiva y de gran continuidad lateral. Se puede llegar a reconocer cuerpos de 3-4 m de espesor, con amalgamaciones internas y con una base irregular muy clara. Se reconocen estructuras sedimentarias tales como laminación cruzada y paralela de alta energía.

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

Desde el punto de vista sedimentario todos estos depósitos se localizan en un ambiente fluvial relacionado con varios sistemas de abanicos aluviales. La distribución de sus facies implica un drenaje hacia el sur, es decir hacia la actual Cuenca del Ebro.

En cuanto a edad se refiere todos este conjunto detrítico se enmarca según autores entre finales del Oligoceno y comienzos del Mioceno. En este trabajo se asigna esta unidad al Aeniense inferior por lo que los términos más bajos estarían incluidos aun el Oligoceno superior y el resto de la serie pertenecería ya al Mioceno inferior. En

ambos casos no existen argumentos paleontológicos definitivos que corroboren las edades establecidas..

1.2.3. Análisis secuencial y paleogeográfico del Terciario continental.

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

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

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

A pesar de la considerable cantidad de contrastes litológicos en la serie, no se aprecian discordancias erosivas o angulares destacables entre los ciclos diferenciados, debido probablemente a la reducida escala de trabajo,-y a la gran continuidad sedimentaria, no habiéndose registrado lagunas estratigráficas importantes y la potencia de la sucesión supera, de forma global los 5000m.

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

La primera etapa (Headoniense- Sueviense) corresponde a los “Areniscas y lutitas de Javier” y muestra una distribución de facies aluviales a perilacustres en

dirección Este a Oeste, subparalela a la cadena, de acuerdo también con las paleocorrientes registradas, de lo que se deduce un área-fuente situada al NE.

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

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

En la presente memoria se establece una división secuencial integrada por ocho ciclos sedimentarios mayores. En términos generales cada ciclo se organiza conforme a un episodio de progresiva atenuación de la actividad 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” (PUIGDEFABEGAS,1975)y probablemente a la Unidad de Añorbe (IGME,1987) también conocida como “yesos de Puente de la Reina” (SOLÉ SEDÓ, 1972).

b) Sueviense-Arverniense inferior. “Areniscas y lutitas de Sangüesa” (unidades 25 a 27). Se organiza conforme el esquema secuencial típico respondiendo 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 secuencial multiepisódica repercute en una compleja distribución de las unidades cartográficas que integran el conjunto. Se individualizan tres entradas de materiales aluviales groseros(unidades 28,30 y 34) que permiten subdividir el conjunto en sendos ciclos secuenciales de menor orden. Hacia el Sur, se registra una disminución general de potencias y se realiza el paso a facies lacustres salinas (yesos de Falces SOLÉ SEDÓ,1972), identificándose un intervalo de tránsito en facies perilacustres denominada “ Lutitas, margas y calizos de Eslava”

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

e) Arverniense superior-Ageniense. “Areniscas y lutitas de San Zoilo” (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 Autónoma de Aragón se relaciona con facies conglomeráticos semejantes a las de Gallipienzo, indicando una etapa temprana de reestructuración de la cuenca que se hace patente ya en el Mioceno.

f) Ageniense inferior. “Conglomerados y areniscas de Gallipienzo”. (unidades 39 y 40). Se caracteriza por la incorporación de términos conglomeráticos que indican contextos aluviales 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) Ateniense 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) Ateniense- 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.

1.3. CUATERNARIO

1.3.1. Pleistoceno

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

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

Su disposición casi subhorizontal en las zonas más próximas a los interfluvios ha hecho que en ocasiones se confundan con algunas terrazas fluviales, si bien la litología resulta el elemento diferenciador entre ambos tipos de depósitos.

Se reconocen estos depósitos en las proximidades del puerto de Loiti, tanto en la vertiente de Lumbier como en la de Monreal, cerca p.e. de Abinzano. también se han diferenciado en la cartografía en Arteta y en los alrededores de Aibar, cerca ya de Leache

Litológicamente 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 heterogénea, mostrando una cierta organización caótica, en la que predominan indistintamente las lutitas sobre los depósitos más gruesos o viceversa.

Las gravas presentan cantos de subangulosos a subredondeados y los bloques a veces, por lo general de gran tamaño, pueden llegar a alcanzar proporciones métricas. Uno de los criterios diferenciadores, además de su morfología es por la presencia en proporción mayoritaria de clastos de tamaño decimétrico a métrico, subangulosos de areniscas ocre, procedentes del desmantelamiento de los relieves próximos. Este tipo de materiales se localizan preferentemente hacia los términos más bajos de los cortes, mientras que hacia el techo predominan las lutitas de color ocre. El espesor de estos depósitos, es muy variable, fluctuando en torno a desde un par de metros o tres como máximo.

En cuanto a edad se refiere, por su disposición y relación de estos depósitos con los sistemas de terrazas de la red fluvial del Aragón se les asigna al Pleistoceno.

1.3.1.2. Lutitas con cantos. Glacis de cobertera. (47). Pleistoceno.

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

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

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

1.3.1.3. Gravas, arenas y lutitas con cantos y bloques. Terrazas. (52). Pleistoceno-Holoceno.

Dentro de este apartado se incluyen algunos depositos relacionados intimamente con la red fluvial actual. En la Hoja los unicos afloramientos correspondientes a terrazas fluviales se relacionan con el arroyo Vizcaya, localizado en el limite meridional de la Hoja y que vierte sus aguas en la margen derecha del rio Aragon, al sur de Sangüesa.

Ocupa este nivel muy poca extension superficial en la Hoja, habiendose asignado a la terraza mas baja (+3-12 m), sobre el cauce actual de los rios.

Litologicamente 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 ocreas, siendo ademas el tamaño de los mismos muy variable, fluctuando entre los 10 a 20 cm de media. El espesor suele ser muy variable, fluctuando entre los 3 y 5 m por termino general.

La edad asignada corresponderia al Pleistoceno-Holoceno.

1.3.2. Holoceno

1.3.2.1. Lutitas con cantos y bloques en ocasiones cementados. Conos aluviales (53) Holoceno.

Se trata de uno de los depositos mas frecuentes en la Hoja que se localiza de forma dispersa y irregular en las salidas de los arroyos y pequeños valles que acceden a valles de rango superior. En ocasiones se solapan, dando lugar a formas coalescentes de mayor desarrollo

Litologicamente estan formados por un conjunto tambien heterogeneo y bastante caotico de lutitas, con cantos y bloques de tamaño y composicion muy variable. Oasionalmente se pueden producir cementaciones locales en algunos de estos depositos, pero siempre muy superficiales y de poca consistencia.

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

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

Se describen en este apartado una serie de depositos que se localizan en la Sierra de Izco. Se diferencian del resto de los coluviones por su litologia, al ser muy pobres en finos y presentar casi en su totalidad clastos tamaño canto o bloque,, ya que normalmente se situan al pie de los relieves. Estan compuestos en este sector y como es logico por un conjunto heterogeneo de cantos y bloques procedentes de la erosion y desmantelamiento de las formaciones areniscosas

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

Por su posicion y relacion con los relieves, se les atribuye una edad Holoceno.

1.3.2.3. Lutitas con cantos y bloques. Coluviones (56). Holoceno

Se tratade depositos por lo general con muy poco espesor y/o representacion superficial y se encuentran repartidos de forma irregular a lolargo de toda la Hoja. Se localizan al pie de las laderas de los principales valles y junto a los relieves, tratandose en todo caso de depositos de poca entidad, al menos encuanto a espesor se refiere.

Litologicamente la composicion de estos depositos es muy variable, ya que dependen del sustratosobre el que se desarrollan. Lo mas frecuente es encontrar lutitas de color ocreo margas mezcladas y/oempastando cantos angulosos y subangulosos de arenisca y a veces algunos de caliza.

Por su posicion al pie de las laderas y su relacion con el resto de los depositos cuaternarios se les asignan al Holoceno.

1.3.2.4. Lutitas y cantos. Aluvial-Coluvial. (57). Holoceno

En este epigrafe se describen un conjunto de depositos de origen fluvial que por su morfologia en planta, difieren de la de los fondos de valle y ponen en evidencia un aporte lateral dificil de separar de los propiamente fluviales.

Por lo general se localizan en areas de topografia muy suave y en zonas de cursos de caracter ligeramente divagante y bastantes efimeros.

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

1.3.2.5. Lutitas, arenas y cantos. Fondos de valle (58). Holoceno.

Corresponden estos depositos a los cursos de escorrentia superficial efimera o actualmente nula, que discurren a traves de los principales arroyos. Constituyen pues los depositos correspondientes a la red fluvial que se articula en la Hoja. A destacarestan los depositos de los arroyos Vicaya, Linar y Basobar.

Se trata de depositos de forma alargada, algunos de bastantes kilometros y relativa anchura, a veces casi 100 m, que por lo general alcanzan poco espesor, del orden de 3 a 5 m.

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

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

1.3.2.6. Lutitas y margas con cantos y bloques. Deslizamientos. (59). Holoceno.

En general tienen escasa representación encontrándose preferentemente desarrollados por los sectores centrales y septentrionales de la Hoja, reconociéndose no obstante buenos ejemplos masas deslizadas. Por regla general, su litología depende del sustrato donde se se desarrollen y suelen ser lutitas y/o margas que empastan cantos y bloques de distinta consideración.

Aparecen asociados a pendientes relativamente fuertes en zonas de umbria, generalmente con una vegetación caótica, donde los materiales tienen un alto grado de humedad y la conservan. Se producen por sobresaturación del terreno. Son de destacar los deslizamientos de las margas de Pamplona en el puerto de Loiti así como los de Gardalain. Se trata pues de fenómenos y depósitos bastante recientes

1.3.2.7. 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 en las proximidades del puerto de Loiti, en la vertiente de Lumbier.

Se trata de acumulaciones antropicas, procedente de las obras construcción de las obras de dicha carretera. y consistentes en un acumulo importante de bloques y/o material de diversa consideración y varios metros de espesor.

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 Surpirenica 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 Surpirenica 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

La Hoja 174-I, aparece estructurada en su mitad occidental por una monótona serie monoclinial, formada por una potente sucesión detrítica de más de 2.000 m de espesor que va desde el Priaboniense superior hasta el Ageniense y que se extiende desde las proximidades de Abinzano hasta más allá de Uzquita. A techo de esta serie se localiza una laxa estructura sinclinal, prolongación occidental del sinclinal de Ayesa, que con dirección N.NO-S.SE, se inflexiona en el ángulo suroccidental de la Hoja hasta adoptar una dirección E-O.

Por el contrario la mitad oriental de la Hoja presenta una relativa mayor complejidad estructural. Así y al norte de la misma se localiza el periclinal suroriental del sinclinal de Izaga, que en el Puerto de Loiti, se estrella contra la falla que toma su nombre. Este cierre y en dicho paraje, presenta una dirección 60°-70° N. y buzamientos hacia el noroeste del orden de 20°-25°.

Al otro lado de dicho accidente, y hacia el sur se localizan dos grandes estructuras que se prolongan por las vecinas hojas 174-II. Lumbier y 174 IV Sangüesa y que son: el sinclinal de Rocaforte y el anticlinal de Aibar.

El sinclinal de Rocaforte, en ocasiones también denominado como de Sangüesa (IGME 1987), conforma parte de los relieves de la Sierra de Izco y los de las proximidades de Rocaforte, localidad de donde toma su nombre. Se trata de una

estructura kilométrica (15-16 Km) laxa y suave, de dirección general O.NO-E.SE, con buzamientos entorno a los 30°-35°, con su flanco más septentrional en contacto y/o laminado en parte por la falla de Loiti. Esto motiva una disposición más vertical de las capas en las proximidades de este accidente. Esta laminación o falta de serie es observable entre el Puerto de Loiti y las Ventas de Judas, en el cruce con la carretera de Aibar a Lumbier, es decir a lo largo de las Hojas 174-I y 174-III. El periclinal oriental de esta estructura se localiza en las proximidades de Sangüesa (Hojas 174-III y 174-IV).

El anticlinal de Aibar se trata de la segunda estructura relevante que se reconoce en la Hoja, extendiéndose este pliegue también por la Hoja 174-IV. Presenta una longitud kilométrica, con una clara vergencia meridional y complejidad tectónica en su núcleo, favorecida además por los cambios laterales de facies de las distintas unidades detríticas que lo conforman.

Tiene una dirección N.NO-S.SE, es una estructura asimétrica con su flanco meridional verticalizado e incluso invertido además de roto y acortado por una serie de fallas inversa y/o cabalgamientos de alto ángulo. Estas fracturas se amortiguan o al menos tienden a hacerlo en superficie hacia el periclinal, que se localiza al Oeste de dicha localidad. Parte de su núcleo es observable en las proximidades de dicha población.

El resto de la Hoja presenta estructuras menores o poco relevantes a pesar de la representación que parecen tener en la cartografía.

2.2.3. Fallas y Cabalgamientos.

En la Hoja 174-I dos son los accidentes más importantes que se reconocen: la falla de Loiti y el cabalgamiento de Aibar.

La falla de Loiti es un accidente de dirección ONO-ESE de componente inversa en profundidad, que debió actuar previamente como de desgarre (CAMARA y KLIMOWITZ, 1985). Su traza se localiza desde la Sierra de Alaiz hasta el pantano de Yesa, por lo tanto se continúa a lo largo de bastantes kilómetros. En el área estudiada se reconoce en la Hoja 174-I..Aibar, 174-II. Lumbier y en la 175-I, Tiermas . Presenta una

traza bastante rectilínea, aunque en detalle es algo alabeada, lo que implica una componente inversa en profundidad.

La componente inversa o el alto ángulo de esta falla se pone de manifiesto prácticamente a lo largo de toda la traza, encontrando además y con frecuencia estructuras vergentes hacia el sur, en el labio superior de dicha falla, como ocurre p.e. en los alrededores de Yesa, junto al río Aragón.

El salto de esta falla es mayor en los sectores occidentales, es decir por el alto de Loiti, de donde toma nombre, mientras que hacia el este, además de adoptar una dirección E-O, va perdiendo salto, hasta llegar a desaparecer como tal en el pantano de Yesa.

Así se reconoce un salto importante en la Hoja en el puerto de Loiti, poniéndose en contacto los sedimentos marinos del Bartonense (“margas de Pamplona”) con los depósitos continentales oligocenos de la Sierra de Izco o en las proximidades de Las Ventas de Judas, en la carretera a Aibar. Hacia el sureste, en los alrededores de Liédena, este salto va disminuyendo, descomponiéndose además este accidente en otros de componente inversa y vergentes hacia el sur, pero ya de menor envergadura. Un buen punto de observación de este accidente se tiene en la pista que desde esa localidad se dirige a la boca sur de la Foz de Lumbier.

Finalmente en la Hoja 175-I Tiermas, este accidente resulta difícil de seguir, entre otros por la dificultad de afloramiento, si bien se observa una cierta componente rectilínea que hace sospechar de la continuidad de este accidente, al menos en los límites del área estudiada.

El cabalgamiento de Aibar responde a una ruptura del flanco más meridional de la estructura anticlinal de Aibar. Aunque en superficie resulta bastante difícil de ser observado, este se reconoce por la traza de sus capas, es decir la verticalidad de las mismas incluso a veces su inversión. Otro dato a tener en consideración es el acortamiento en espesores de la serie detrítica, 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 a un solo accidente, en superficie se descompone en una serie de fallas, también de alto ángulo y paralelas,

vergentes todas ellas en líneas generales hacia el sur. Su traza se reconoce por la Hoja 174-Y Aibar y 174-IV. Sangüesa.

Finalmente el cabalgamiento de Sada de Sangüesa, al igual que el de Aibar, es una resolución más de la estructura anticlinal de Aibar en su flanco meridional en su paso al sinclinal de Ayesa. De apenas poco salto, aunque en profundidad pueda tener mayor resolución, se observa en los términos más altos estratigráficamente de dicha estructura y en afloramiento se manifiesta muy mal, reconociéndose inversión de capas, trazado poco definido de estas y cambios bruscos de buzamientos.

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 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 antepais en secuencia de bloque inferior. Estas estructuras se agrupan en las denominadas “láminas 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 la Sierras Exteriores (TEIXELL 1992).

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

Esta 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 antepais, 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 antepais pasiva, es decir de la actual cuenca del Ebro.

El acortamiento orogénico causado por la colisión de las placas, produjo un notable engrosamiento de la corteza continental en la mayor parte de ámbito pirenaico. Posteriormente el reajuste isostático ha provocado la surrección del relieve montañoso actual.

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

3. GEOMORFOLOGÍA

3.1 DESCRIPCIÓN FISIOGRAFICA

La Hoja a escala 1:25.000 de Aibar (174-I) se localiza al este de Navarra, en una zona de importantes relieves, donde existen grandes contrastes altimétricos, debido a la acción erosiva de la red fluvial. A pesar de estos contrastes el conjunto es bastante homogéneo, destacando una morfología de carácter estructural, en la que las capas de mayor competencia sobresalen en el paisaje reflejando las principales estructuras.

Desde el punto de vista geográfico, la Hoja se encuadra en la Navarra Media, separada del Pirineo por la Depresión Media Pirenaica (Cuenca de Pamplona-Aoiz) y de las llanuras del Ebro por las tierras de Ujué y Sos del Rey Católico.

Estructuralmente pertenece al sector este de la Zona Surpirenaica, pero ya en el límite con la Cuenca del Ebro.

En cuanto a la geología se caracteriza por la presencia de materiales con edades comprendidas entre el Oligoceno y un probable Mioceno, además de algunos sedimentos cuaternarios.

La altura media de la Hoja es de aproximadamente 800 m , encontrándose las máximas cotas en la Sierra de Izco donde se localizan el pico Anchurda con 1037 m., Aizpuru con 1035 m., Etxavacoiz con 1025 m., y el Alto de Izco con 973.m. Por otra parte, las zonas más bajas se sitúan en el sector suroccidental donde existen cotas inferiores a los 500 m. Al sur de la localidad de Aibar.

La red de drenaje es en su totalidad de carácter estacional e intermitente. Los cauces del sector sur y suroriental desaguan en el río Aragón y las del sector noroccidental en el río Irati. Los de mayor envergadura son los más próximos a la localidad de Aibar, dando lugar a valles amplios y con mayor desarrollo de sedimentos. son los barrancos de Loya, Pontarrón, Las Viñas y Aibar.

Climatológicamente la zona pertenece a un régimen de tipo Mediterráneo con un régimen de humedad Mediterráneo Húmedo y con cierta tendencia a la continentalidad. La precipitación media anual está comprendida entre 700-1.000 mm, correspondiendo los valores más altos al sector septentrional y los más bajos al meridional. Las temperaturas medias anuales oscilan entre 11 y 13° C con máximas de 39-40° C y mínimas de -6° C en los meses de invierno.

La red de comunicaciones es muy escasa, y tiene su máximo desarrollo en la carretera que une Pamplona con Jaca al norte de la Hoja y en la que atraviesa parcialmente el sur de la misma comunicando Aibar con Lumbier y Jafalla. No obstante son muy abundantes los caminos terreros y las pistas forestales que permiten acceder con facilidad a gran parte de la superficie de la Hoja.

Por lo que a los núcleos urbanos se refiere hay que destacar Aibar que es la localidad que da nombre a la Hoja. Otras localidades son Sada de Sangüesa, Leache, Izco y Abinzano, todas ellas de pequeño tamaño. Existen además una serie de caseríos, lugares y villas muy característicos del poblamiento rural navarro.

La vegetación, en este sector es más bien de tipo mediterráneo que atlántico. En la zona más alta se desarrollan avellanos, olmos, cornejos, aligustre y plantas anfibias, siempre próximas a las masas de agua. En los sectores más bajos y en zonas de ribera aparece el fresno de hoja estrecha junto con el chopo negro y sauce blanco.

3.2 ANTECEDENTES

Los trabajos geomorfológicos, relativos a este sector del Pirineo navarro, son muy escasos por no decir prácticamente inexistentes, aunque hay algunos textos de carácter general o regional que han servido de partida a este estudio.

Un gran avance, en este sentido, 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. En ellas se aportan, nuevos datos sobre las características de los depósitos más recientes. Hay que señalar además que la Hoja 1:50.000 de Sangüesa, va acompañada de un esquema geomorfológico a escala 1:100.000, que ha servido de gran ayuda para la realización de esta cartografía geomorfológica. Por otra parte, la realización por el I.T.G.E. y ENRESA del “Mapa Neotectónico y sismotectónico de España, a escala 1:1.000.000”, arroja algunos datos complementarios sobre este sector de Navarra.

Finalmente no hay que olvidar la reciente publicación (1997), del Mapa Geológico de Navarra, a escala 1:200.000, en la que la representación de los depósitos cuaternarios aparece ya, bastante detallada.

3.3 ANALISIS MORFOLOGICO

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

3.3.1 Estudio morfoestructural

Desde el punto de vista estructural, como ya se ha señalado anteriormente, la Hoja de Aibar se sitúa en la Zona Surpirenaica en el límite con la Cuenca del Ebro.

La presencia de una potente serie sedimentaria, de edad Oligoceno-Mioceno, afectada por un importante plegamiento, así como la naturaleza de los materiales con alternancia de niveles de diferente competencia, da lugar, bajo los agentes erosivos, a un modelado mayoritariamente estructural. Las formas son numerosas y variadas y con diferentes dimensiones y la orientación general de las mismas es ONO-ESE.

Las morfologías producidas por los niveles de mayor competencia permiten visualizar las estructuras del plegamiento e incluso las discordancias. Son frecuentes replanos estructurales, “hog backs”, “chevrons”, resaltes de capas duras, crestas y escarpes estructurales de diferentes dimensiones. La continuidad de estas formas, es lo que permite reconocer la estructura de la región.

El sector más alto de la Hoja, correspondiente a la Sierra de Izco, se manifiesta por una cresta a partir de la cual, tanto hacia el norte como hacia el sur, se suceden las morfologías más variadas. En algunos sectores, la vegetación y la erosión fluvial, enmascaran el modelado estructural. Este hecho se pone de manifiesto al norte de la Sierra de Izco en los parajes de Chaparra y La Borda y en el sector sureste, en el paraje de El Monte.

El origen de estas formas, como ya se ha señalado anteriormente, puede haber sido producido por la acción directa de los agentes erosivos sobre un conjunto de materiales tectónicamente deformados, Por tanto estas formas se han ido elaborando al mismo tiempo que se plegaban, extendiéndose este fenómeno hasta la actualidad.

La morfología de la red de drenaje es otro aspecto que refleja magníficamente la influencia de la estructura en la configuración del relieve. También la linealidad de algunos cauces, la orientación preferente de muchos de ellos según determinadas directrices, así como los cambios bruscos en los perfiles longitudinales, indican que las aguas circulan preferentemente por las zonas de mayor debilidad o de máxima pendiente. La dirección dominante es ONO-ESE, siguiendo la estructura del plegamiento general.

También la N-S y E-O son muy frecuentes, presentándose, en unos casos, casi perpendiculares a las estructuras y en otro, siguiendo líneas de máxima debilidad.

La morfología de la red es de tipo dendrítico, subtipo angular, con una densidad media general. Las redes de tipo dendrítico son características de áreas con litologías muy homogéneas o con sedimentos estratificados en los que alternan materiales de diferentes competencia, dispuestos en series monoclinales. Este último caso es muy frecuente en todo este sector del territorio navarro.

3.3.2 . Estudio del modelado

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

3.3.2.1 Formas fluviales

El desarrollo de la morfología fluvial es muy importante destacando principalmente la de carácter erosivo. Los depósitos son bastante escasos limitándose a los fondos de valle, algunos conos de deyección y unos pocos afloramientos de terrazas.

Los fondos de valle están constituidos por un depósito de gravas calcáreas, mayoritariamente, pero con componentes cuarcíticos y areniscosos, empastados en una

matriz arenoso-arcillosa. La morfología en planta es la de bandas alargadas y estrechas con un trazado muy variable, a veces rectilíneo, a veces ondulado o serpenteante. Destacan los depósitos de los barrancos de Loya, Pontarrón, las Viñas y Aibar.

Muy relacionados con los fondos de valle aparecen los conos de deyección. Son formas poco frecuentes y se generan a la salida de algunos barrancos y arroyos, al desaguar en un cauce de rango superior. Su tamaño es muy variable dependiendo de diversos factores: clima, pendiente del cauce que lo forma, longitud, anchura, cambio de pendiente y tamaño de la zona de recepción. Los de mayores dimensiones se pueden observar en la esquina sureste, en las proximidades de la localidad de Aibar, donde el relieve es más suave.

Otras formas de sedimentación son las terrazas aunque aquí aparece un único afloramiento en el borde sur de la Hoja. Se trata de la terraza baja, con una cota sobre el nivel del cauce de +3-10 m., del Barranco de Loya. Tiene una superficie extremadamente plana y con un escarpe muy neto dirigido hacia el cauce. El dispositivo morfológico que ofrece es el de terraza encajada. Se trata de depósitos conglomeráticos en los que domina la litología calcárea pero en los que también se encuentran cuarcitas, cuarzos y areniscas.

Por lo que se refiere a las formas erosivas de carácter fluvial, aunque son muy abundantes, no presentan una gran variedad. Destaca sobre todo una importante red de incisión fluvial, más efectiva en los cauces menores, y que da lugar en algunos puntos al retroceso de las cabeceras, Este proceso da lugar a la unión de cabeceras opuestas, pero contiguas, produciendo un interfluvio acusado y agudo de una sola línea, denominado en gomorfología “arista”, muy frecuente en la Hoja.

Por otra parte, en los sectores de menor relieve, se producen pequeñas incisiones en el terreno, de funcionamiento estacional y morfología cambiante que se conocen como regueros y que están originados por procesos de arroyada difusa. También, en los sectores donde hay materiales poco competentes se producen cárcavas.

3.3.2.2. Formas de ladera

Son cuatro las formas incluidas en este grupo: coluviones, canchales, desprendimientos y deslizamientos.

Los coluviones se produce al pie de las laderas de los principales valles, aunque también aparecen en otros de menor envergadura. Se presentan en forma de bandas alargadas, paralelas a los valles y a veces ofrecen una estrecha relación con los conos de deyección, como sucede en el sector del barranco del Soto donde se interdentan unos con otros, e incluso con los depósitos de la llanura aluvial o del fondo del valle.

Otros depósitos reconocidos y cartografiados son los canchales, que aparecen por lo general a distintas alturas de la ladera, siempre relacionados con grandes escarpes, cuevas o crestas. Se producen por rotura y caída por gravedad de los niveles calizos, acumulándose en puntos inferiores de la vertiente. La participación del agua en el transporte provoca la presencia de diferentes lechos de aporte en el sedimento, unos con mayor cantidad de finos y otros con total ausencia de ellos, por lavado.

Igual origen tienen las acumulaciones de bloques o desprendimientos, aunque su manifestación morfológica es algo diferente, pues se trata de grandes bloques, a veces superiores a los 2 m, que aparecen en las laderas de los grandes escarpes de forma aislada, aunque a veces pueden llegar a ser muy numerosos. Todos estos movimientos, en los que la componente principal es la gravedad, son frecuentes por las pendientes elevadas.

Los deslizamientos también se produce por este motivo y por la existencia de litologías blandas o alternantes. En la Hoja son bastante escasos y de pequeñas dimensiones como los que aparecen en la margen norte del barranco de Basobar,. sin embargo en el centro de la Hoja, existe un gran deslizamiento de alrededor de medio kilómetro cuadrado. Además de la pendiente y la litología necesaria, su origen tiene lugar cuando una ladera alcanza su límite de estabilidad, sobre todo cuando se produce una importante infiltración de agua y con ello una saturación del suelo, produciendo la caída en masa del material inestable. Los deslizamientos cartografiados en esta Hoja parecen ser todos de carácter traslacional.

3.3.2.3 Formas poligeínicas

Se consideran como tales, todas aquellas formas en las que han intervenido más de un proceso para su formación. Dentro del ámbito de la Hoja se reconocen glacis y aluviales coluviales.

Los glacis son formas de enlace entre los interfluvios y los fondos del valle. Los que aquí aparecen son pequeños, de bordes alabeados y perfil longitudinal plano-cóncavo, aumentando la concavidad hacia la cabecera. A veces presentan escarpes netos hacia los valles, producidos por la disección de la red fluvial. Los ejemplos existentes aparecen en la esquina noreste, en el valle del barranco de Escargaiz y al sur, muy próximos a la localidad de Aibar.

Las otras formas de diferencias son los aluviales-coluviales. Se denominan así todos aquellos fondos de valles, constituidos por depósitos fluviales y por aportes laterales procedentes de las laderas, cuando es difícil la separación entre unos y otros. Se ha cartografiado uno en el cuadrante NE de la Hoja.

3.4 FORMACIONES SUPERFICIALES

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

En la Hoja de Aibar, las formaciones superficiales son muy escasas, puesto que se trata de un área donde domina la erosión sobre la sedimentación pero, dentro de esta escasez, son las formaciones de origen fluvial y las de gravedad, las que proporcionan algunos materiales de interés.

Por lo que se refiere a las de origen en fluvial, los fondos de valle corresponden a cursos de escorrentía superficial efímera y estacional. Se trata de depósitos con formas alargadas y serpenteantes, algunas de bastantes kilómetros y estrechas. Predominan las lutitas con cantos de diverso tamaño y numerosos bloques. Ocasionalmente se reconocen niveles de arenas. Los cantos son de litología variable, aunque hay un predominio de los de arenisca. Se les asigna una edad Holoceno.

Los conos de deyección, son relativamente abundantes y se encuentran a la salida de barrancos y arroyos al acceder a otras de rango superior o a las terrazas más bajas de la red principal. Litológicamente están formadas por un conjunto heterogeneo de lutitos y cantos de composición variable, según su procedencia. La potencia también es variable, incluso dentro del mismo depósito, desde 4 ó 6 m en la zona apical, hasta escasos centímetros en la distal. Ocasionalmente aparecen cementados algunos niveles, pero siempre de forma ligera. Al igual que los fondos de valle, se consideran pertenecientes al Holoceno.

También se describen aquí las terrazas, aunque su representación en esta Hoja de Aibar es muy reducida. Se limitan a un afloramiento del nivel más bajo en el borde sur de la Hoja. Litológicamente se trata de depósitos formados por gravas y arenas con lutitas y cantos en proporciones muy variables. Los clastos son de distinta naturaleza predominando los de calizas y areniscas ocreas y siendo su tamaño muy variable, fluctuando entre los 10 a 20 cm de media y los 40 a 50 cm de máximo.

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. El espesor de las terrazas suele ser muy variable, oscilando entre los 3 y 5 m por término medio. No obstante, los niveles más altos suelen presentar valores inferiores. En ocasiones han sido explotadas y utilizadas como áridos. La edad asignada para este nivel es Pleistoceno-Holoceno.

Las formaciones superficiales de ladera se ciñen a coluviones, canchales y deslizamientos. Los coluviones son por lo general depósitos con muy poco espesor y escasa representación superficial, encontrándose dispersos por toda la superficie de la Hoja. Litológicamente son muy variables ya que dependen del sustrato sobre el que se desarrollan. Lo más frecuente son lutitas de color ocre mezcladas o empastando cantos, gravas y bloques angulosos de calizas y areniscas. Por su posición, al pie de las laderas, y su relación con el resto de los depósitos cuaternarios, se asignan al Holoceno.

Los canchales se diferencian de los coluviones por su litología y por la casi ausencia de material fino. Se trata de un conjunto de bloques en general de la misma naturaleza, que proceden de la fracturación de niveles competentes situados en la parte superior de la ladera, y de su posterior caída por gravedad. También se les atribuye una edad Holoceno.

Los deslizamientos tienen escasa representación en la zona, aunque pueden llegarse a ver algunos buenos ejemplos de las masas deslizadas. Al igual que los anteriores, su litología depende del sustrato en el que se desarrollan y suele consistir en margas y/o lutitas que empastan cantos y bloques de distinta consideración. Aparecen asociados a pendientes relativamente altas en zonas de umbría, generalmente con una vegetación caótica, donde los materiales tienen un alto grado de humedad y la conservan. Se producen por sobresaturación del terreno. Son de destacar los deslizamientos de las margas de Pamplona en el puerto de Loiti así como los de Gardalain, en el centro de la Hoja. Se trata pues de fenómenos y depósitos recientes.

A continuación se describen las formaciones superficiales de origen poligénico, representadas por los glaciares y los depósitos de origen aluvial-coluvial.

Los glaciares de la Hoja de Aibar son glaciares de acumulación, aunque de reducidas dimensiones. Se localizan al pie de zonas con un cierto relieve, dando lugar localmente, a laderas suaves y aplanadas. Litológicamente se trata de gravas y arenas con lutitas y que ocasionalmente pueden contener abundantes bloques. Las gravas presentan formas angulosas a subredondeadas y los bloques, por lo general de gran tamaño, pueden llegar a alcanzar proporciones métricas. El espesor de estos depósitos es muy variable oscilando entre 2 y 5 m.

Las formaciones aluvial-coluviales se describen como un conjunto de depósitos de origen fluvial que, por su morfología, difieren de los fondos de valle, poniendo en evidencia aportes laterales difíciles de separar de los propiamente fluviales. Se localizan en áreas de topografía suave por donde circulan cursos ligeramente divagantes y efímeros. Su litología corresponde, por lo general, a materiales finos, lutíticos que engloban cantos ya sean procedentes de las laderas o transportados por el mismo arroyo.

Finalmente se hace referencia a las formaciones antrópicas constituidas por un conjunto de depósitos artificiales localizados en la subida al puerto de Loiti.

3.5 EVOLUCION GEOMORFOLÓGICA

La evolución geomorfológica de esta Hoja se encuentra enmarcada dentro de la evolución regional por lo que hay que introducirla en un contexto más amplio, para tener puntos de referencia claros de carácter general. En este sentido, la Hoja de Aibar, se sitúa en el Pirineo navarro, en la Zona Surpirenaica, concretamente en su límite con la Cuenca del Ebro.

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 del ámbito de estudio. En zonas próximas, se reconocen una serie de retazos de una antigua superficie de erosión que, por las cotas a las que se sitúan (1.000-1200 m), se supone su equivalencia con la Superficie de Erosion 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 las mismas hace sugerir a algunos autores que no sobrepasa el Turoliense. Es decir, a grandes rasgos, esta superficie indicaría el final de la erosión terciaria, así como la culminación del relleno neógeno, representado en la mayoría de las cuencas terciarias por las “Calizas del Páramo”.

Al finalizar la sedimentación terciaria, existe un período en el que tienen lugar una serie de procesos edáficos con formación de costras, carsts, etc., que dejan su huella en las calizas terminales de las principales cuencas. A continuación se produce el comienzo de la erosión fluvial. Este inicio supone que los grandes ríos, en su proceso de erosión remontante, llegan a las cuencas, capturando los pequeños cauces recién instalados y comienza la incisión de las mismas con evacuación de los sedimentos fuera de ellas. Este cambio no es sincrónico en todos los puntos de las grandes cuencas, pero se supone que marca el paso del Terciario al Cuaternario.

En un área como la de estudio, que constituye la cabecera y el área madre de una gran cuenca como es la Cuenca del Ebro, 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 corresponde 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.

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 de 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

Se reconocen dos tipos de procesos funcionales que, por orden de importancia son:

- . Erosión fluvial
- . Movimientos de ladera (gravedad)

Dentro de la erosión fluvial, uno de los procesos más acusados y generalizados es el de la incisión vertical de la red fluvial, que ha dado lugar a profundos barrancos, sin depósito alguno, como sucede en muchos tramos de la red menor. La causa de esta erosión tan intensa es la pertenencia de este sector a un área de montaña, próxima a una gran divisoria, donde se instalan numerosas cabeceras, haciendo dicha erosión dominante, al menos en un futuro inmediato. La erosión es más o menos intensa, según las zonas, dependiendo del clima, del nivel de base local, de los movimientos tectónicos recientes y sobre todo de la competencia e incompetencia de los sedimentos. Existe una mayor densidad de líneas de flujo en los sectores nororiental y meridional..

También son activas una serie de cárcavas situadas en la zona suroriental de la Hoja, cerca de la localidad de Aibar, donde se observa un rejuvenecimiento de la red.

Igualmente son funcionales también algunos de los procesos desarrollados en las laderas, como desprendimientos o caídas de bloques y algunos deslizamientos. Los primeros se producen a partir de los grandes escarpes, la gran exposición superficial y a su alto grado de fracturación. El agua meteórica penetra por las numerosas discontinuidades (grietas, fracturas, diaclasas, planos de estratificación, etc.),

provocando la ampliación de las mismas, durante las heladas de la estación fría. Este proceso tiende al aislamiento de bloques que, al encontrarse en posición de inestabilidad, como sucede en el borde del escarpe, tienden a caer por gravedad, depositándose en cotas inferiores.

Los deslizamientos no son frecuentes pero forman parte de la dinámica actual. La naturaleza blanda o alternate de algunos materiales, unida a las fuertes pendientes y al clima, favorecen la inestabilidad de algunas laderas, aunque la gran abundancia de vegetación arbórea, parece frenar bastante el proceso. Una vez que el agua ha entrado por los planos de discontinuidad y se produce una saturación del material, se origina un desequilibrio en el sistema, rompiéndose los límites de rozamiento interno y es entonces cuando tiene lugar la caída del material.

Aunque todos los procesos aquí considerados puedan ser puntualmente de gran envergadura, no se prevén grandes cambios en el relieve en un futuro inmediato, pero deben tenerse en cuenta puesto que, en casos de clima extremo o movimientos tectónicos, pueden llegar a constituir un riesgo geológico. La tendencia a muy largo plazo es a una suavización de las formas por las diferentes acciones erosivas, con evacuación del material hacia los grandes cursos 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 proximas 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 las plataformas carbonatadas y deltaicas del margen meridional de la cuenca.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

La base del ciclo superior (Priaboniense inferior) está marcada por la existencia de una importante incisión asimilada a un cañón submarino cuyo relleno está evidenciado por el desarrollo de canales turbidíticos imbricados (turbiditas de Yesa, Gongolaz y Tábar). La parte alta del ciclo está caracterizada por facies pelíticas prodeltaicas (Margas de Ilundain) y localmente se preservan a techo, términos deltaicos someros (Calcarenitas de Celigüeta). Todo el conjunto del Bartoniense-Priaboniense inferior se adelgaza notablemente hacia el Sur en el subsuelo del área estudiada. En el sondeo Sangüesa-1, el espesor del conjunto es de unos 150 m , contrastando con los mas de 1500 m. registrados en la cuenca de Pamplona.

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

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

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

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

Se evidencia una migración mantenida hacia zonas más 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 (Facis 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 no se ha reconocido ningún indicio,. 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

Existen fuera de la Hoja, aunque muy cerca de los límites de la misma, algunos indicios de Cobre ligados a términos areniscos de la serie terciaria continental.

5.1.1.1. Cobre.

Los indicios de cobre existentes en las proximidades de la Hoja se sitúan dentro del área meridional de concentraciones de cobre definida en el “Estudio de la Minería de Navarra” (GOBIERNO DE NAVARRA - INYPSA, 1992), donde aparecen relacionadas con niveles de 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 únicos indicios destacables de minerales y rocas industriales consisten en labores de exploración de sales desarrolladas en las cercanías de la Hoja. También se hace referencia a las areniscas por su importancia en el pasado y por el potencial minero.

5.1.3.1 Sales potásicas.

Se ha listado, en situación muy próxima a la Hoja, un indicio de sales potásicas correspondientes a los sondeos de exploración Javier-1 y Javier-3 realizados en el marco de la reserva minera de Javier - Los Pintano.

Los resultados obtenidos reflejaron la similitud estratigráfica de la Fm. Evaporítica en el sector de Javier con el yacimiento del Perdón donde se ha definido la sucesión tipo. Esta queda definida de muro a techo por los siguientes tramos característicos:

- "Tramo basal anhidrítico". Potencia, 0,6 a 1m. Anhidritas laminadas y nodulares.

- "Sal de muro". Espesor medio, 10 m. Halita y polihalita, masiva y bandeada con esporádicas láminas de arcilla.

- "Tramo con silvinita". Potencia, 2m. Alternancia entre halita bandeada con arcillas y silvinita. Se contabilizan hasta 18 capas de silvinita.

- "Sales intermedias". Potencia, 0 a 1m. Halita bandeada, intervalo no siempre presente que separa el tramo con silvinita del tramo carnalítico.

- "Tramo carnalítico". Potencia 10-12m. Alternancia entre halita bandeada con lutitas y carnalita. Se distinguen 8 capas principales de carnalita, las inferiores se encuentran con frecuencia transformadas a silvinita, proceso que en ocasiones afecta a todo el tramo.

- "Sales de techo" y tránsito a las "Margas frajeadas". Potencia, 50-75m. Alternancia entre capas de halita de 1 a 4cm de espesor y lutitas laminadas con anhidrita.

- "Margas fajeadas". Espesor medio, 50m. Lutitos grises y versicolores laminados con intercalaciones de anhidrita y lenticulas de areniscas progresivamente más frecuentes hacia el techo marcando el tránsito a las "Areniscas de Liédena o Galar".

El yacimiento de potasas de Navarra se integra en un macrociclo evaporítico similar al reconocido en la cuenca potásica catalana (ROSELL Y PUEYO,1984) correspondiente a un tipo empobrecido en sulfato magnésico.

Las dos únicas paragénesis potásico-magnésicas de la formación evaporítica son silvinita-halita (con anhidrita y polihalita) y carnalita-halita (con anhidrita y dolomita). La ausencia de sulfato magnésico implica una variación en el quimismo del agua marina original, atribuida a dos posibles procesos: a) reducción del sulfato presente en el agua por acción bacteriana;b) acción de aguas portadoras de Ca, que provocarían la precipitación de sulfato cálcico, o bien procesos de dolomitización, que producirían la precipitación de dolomita y magnesita. No obstante, BRAITSCH (1971) señala la posible precipitación de silvinita-halita a partir de agua marina empobrecida en sulfato magnésico.

El origen del yacimiento se encuentra relacionado con la regresión marina finieocena, y confinamiento de la cuenca. El depósito de potasas refleja la etapa de máxima evaporación y consecuente producción de salmueras cada vez más concentradas.

5.1.3.2. Sal común.

Si bien no se ha listado ningún indicio de sal común, se describe en este punto por su estrecha relación con los yacimientos de potasas. De acuerdo con la sucesión-tipo descrita para la Fm. Evaporítica, se hace notar que la halita supone la litología predominante, especialmente en el tramo de “sal de muro” donde constituye la práctica totalidad de la roca. Además, la sal común se puede considerar como el subproducto principal de la explotación de las potasas.

5.1.3.3.-Areniscas.

Aunque 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. Margas y margocalizas , localmente con intercalaciones de areniscas. Eoceno medio y superior.

Constituye un conjunto de baja permeabilidad integrado por las formaciones margosas del Eoceno. El conjunto se dispone, en términos generales, mediante una relación de on--lap sobre las unidades carbonatadas del Paleoceno-Eoceno de la Sierra de Leyre, y presenta una reducción global de potencias hacia el sur.

Se distinguen cuatro secuencias principales de depósito, de las cuales solo afloran en la Hoja las dos mas superiores

a) Bartonense-Priabonense inferior

Está representado por la sucesión de las Margas de Pamplona, en sentido amplio, que alcanza una potencia superior, en algunos puntos, a los 1500m. Intercala en su parte media, depósitos turbidíticos (unidades 15 y 16, Turbiditas de Yesa y Gongolaz) que permiten la diferenciación de dos conjuntos margosos muy homogéneos: Margas de Pamplona (14), en sentido estricto, a muro, y Margas de Ilundain (18) a techo.

b) Priabonense superior.

Está representado por las “Margas fajeadas”. Constituyen un intervalo de unos 25-50m de potencia formado por lutitas rojas y arcillas margosas grises finamente laminadas con trazos de sulfatos. Forma parte de la Fm. Guendulain pasando hacia el techo de forma transicional a la Arenisca de Liédena. En subsuelo se encuentra separada de las unidades margosas eocenas infrayacentes por la Fm Evaporítica, constituida esencialmente por sales sódicas.

El conjunto de las dos unidades descritas presenta una permeabilidad baja a muy baja debido al predominio generalizado de términos margosos.

5.2.1.2.- Areniscas bioclásticas. Priaboniense inferior.

Constituye un intervalo areniscoso existente en la parte media de la sucesión margosa de las Margas de Pamplona que destaca en el terreno por su mayor competencia apareciendo en la cresta de la sierra de Tábar.

Litológicamente consiste en areniscas bioclásticas fuertemente cementadas dispuestas en bancos de potencia métrica-decimétrica. Corresponden a la unidad 17 del Mapa geológico y su origen está ligado a los sistemas turbidíticos del sinclinal de Izaga (Turbiditos de Tábar).

Desde el punto de vista geométrico delimitan un lentejón de unos 40-50m de potencia media que se extiende varios km hacia el norte dentro de la Hoja de Aoiz (142) y se encuentra cortado hacia el sur por la falla de Loiti.

Se estima una permeabilidad media por facturación y fisuración, y en zonas próximas a la superficie puede presentar cierta porosidad intergranular por descalcificación y consecuente pérdida de cementación en las areniscas.

5.2.1.3.- Areniscas tableadas y lutitas. Priaboniense

Corresponde al término esencialmente areniscoso de la “Arenisca de Liédena” (unidad 21 en el Mapa Geológico). Litológicamente consiste en areniscas de grano fino en bancos centi-decimétricos tableados alternando en proporciones variables con limos y lutitas grises.

Presenta contactos transicionales con términos más lutíticos de la Fm Gendulain (Margas fajeadas, 20, a muro, y, unidad 22 del Mapa Geológico, parte alta de la Arenisca de Liédena), y su potencia media es de unos 80m.

Se integra en esta Fm. hidrogeológica la unidad 19 del Mapa geológico, que si bien se encuentra relacionada genéticamente con las Margas de Ilundain (18), presenta analogías litológicas con la Arenisca de Liédena con la que está en contacto, correspondiendo a calcarenitas y areniscas bioclásticas tableadas.

La permeabilidad puede considerarse en términos generales como media-baja si bien puede desarrollarse cierta circulación de agua en zonas próximas a la superficie por fisuración, descalcificación y descompactación de las areniscas.

5.2.1.4.- 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 los tres intervalos principales presenta unos valores elevados de potencia y litológicamente están formados por lutitas ocre y rojas con intercalaciones de areniscas, y eventualmente delgados niveles de calizas arenosas y arcillosas y margas, siendo muy poco frecuente la presencia de trazas de yeso.

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

- a) Facies lutíticas de Javier y parte alta de las Areniscas de Liédena (unidades 22 y 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.

5.2.1.5.- 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 intervalos areniscosos principales, las unidades lutíticas pueden intercalar localmente niveles de areniscas de menor potencia y reducida extensión.

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

- a) Facies areniscosos de Javier. Corresponden a la unidad 24 del Mapa geológico, y constituyen intervalos areniscosos de potencia deca métrica 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 areniscósas de Sangüesa, presentando una potencia

de unos 150-200 en el sinclinal de Rocaforte y adelgazándose considerablemente por tránsito lateral a facies lutíticas en el flanco meridional del Anticlinal de Aibar.

Hacia el NO 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 si (33) dentro de la sucesión arcillosa de las “lutitas y areniscas de Ayesa”. Se distinguen dos 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.

5.2.1.6 Gravas, arenas y limos. Cuaternario

Se tratan en este punto las formaciones permeables del Cuaternario. En general corresponden a depósitos de gravas, arenas y en menor proporción, limos, ligados a la dinámica fluvial, y que se desarrollan principalmente en relación a los

principales cursos; ríos Aragón, Irati, Salazar y Onsella y de forma local en arroyos subsidiarios.

En la Hoja se distingue un solo nivel de terraza (unidades 52 del Mapa Geológico) presentando una distribución de terrazas encajadas.

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

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

5.2.1.7.- 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 glaciais (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.

5.2.1.8.- Lutitas, arcillas con cantos dispersos y lutitas margosas. Cuaternario.

Comprende las formaciones impermeables del Cuaternario, representadas esencialmente por términos lutíticos. Son destacables, los deslizamientos (59) que

movilizan depósitos lutíticos de la sucesión terciaria continental y margas del Eoceno. De forma muy localizada se reconocen acúmulos antrópicos de materiales (62), constituyendo terraplenes ligados a distintos tipos de obras.

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

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

5.2.2. Unidades acuíferas.

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

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

-

- Areniscas de Tábar.
- Areniscas de Liédena
- Formaciones permeables del Terciario continental
- Formaciones permeables del Cuaternario.

5.2.2.1.-Areniscas bioclásticas. “Areniscas de Tábar”.Priaboniense inferior.

Geometría.

Constituye un intervalo de areniscas bioclásticas bien cementadas, masivas, y tableadas, intercalado entre las formaciones pelíticas de las Margas de Pamplona y

Margas de Ilundain. Se encuentra en relación con el sistema turbidítico del sinclinal de Izaga y tiene muy poca representación en la Hoja. Aparece en la parte alta de la sierra de Tábar configurando un nivel lenticular que se sigue hacia el ENE a lo largo de varios km en la Hoja de Aoiz (142), mientras que hacia el OSO se estrella contra la Falla de Loiti.

Funcionamiento hidrogeológico

Constituye un acuífero confinado puesto que se trata de un cuerpo lenticular aislado entre formaciones margosas.

La recarga se produce esencialmente por infiltración del agua de lluvia en la parte alta de la sierra de Tábar, donde aflora la unidad. La descarga se produce por manantiales de escasa importancia existentes en las laderas de la sierra, en el contacto con las Margas de Pamplona y de Ilundain.

Parámetros hidrogeológicos.

No se tienen datos de parámetros hidrogeológicos en relación con la unidad en base a ensayos o test hidráulicos realizados en la misma.

En términos generales se estima una permeabilidad media-baja para la unidad, dependiendo del mayor o menor grado de cementación de las areniscas. Los valores mayores de permeabilidad se dan en los niveles superficiales por permeabilidad secundaria debido al efecto de la disolución del cemento calcáreo.

5.2.2.2. Areniscas tableadas. Areniscas de Liédena. Priaboniense superior-Headoniense.

Geometría.

Comprende el término con predominio de areniscas de la Fm. Guendulain (unidad 21 del Mapa Geológico, parte inferior de la “Arenisca de Liédena”). Constituye un paquete de areniscas de grano fino con tableado de frecuencia decimétrica-centimétrica y eventuales intercalaciones de limos grises, con una potencia de unos 80-100m.

En la Hoja presenta un unico afloramient, en el extremo septentrional (Señorio de Celigüeta), de escas extension y que forma parte del sinclinal de Izaga.

Funcionamiento hidrogeológico

La recarga se produce principalmente por infiltración del agua de lluvia transfiriéndose al acuífero a través de fracturas y en cierta medida a favor de cierta porosidad intergranular en situación superficial debida a descompactación por pérdida de cementación en las areniscas.

Algunos sondeos realizados en sectores próximos en el marco de estudios hidrogeológicos para Potasas de Subiza S.A., cortaron niveles de agua salada intercalados entre otros de agua dulce, atribuyendo a la unidad un comportamiento como acuífero multicapa, con evidente dificultad de circulación vertical. Por otra parte, al estar limitado por formaciones impermeables, o comparativamente menos permeables (Margas fajeadas a muro, y tránsito a la Fm Javier a techo), constituye en profundidad un acuífero confinado, si bien buena parte de la circulación del agua debe ser epidérmica por meteorización superficial. La descarga debe producirse a traves de manantiales de escasa importancia.

Parámetros hidráulicos:

No se tiene información procedente de ensayos o test hidráulicos realizados en la unidad acerca de los parámetros hidrogeológicos que la definan.

Al igual que en el caso anterior el elevado grado de consolidación de muchos de los niveles areniscos limita su porosidad eficaz y por tanto su permeabilidad. Se estima una permeabilidad baja para el conjunto de la unidad. Puntualmente puede aumentar dicho valor en zonas donde la consolidación es menor.

5.2.2.3.- Areniscas y lutitas. Formaciones permeables del Terciario continental. Oligoceno-Mioceno. 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 estos materiales de la Unidad Hidrogeológica sur definida en la marco del Proyecto Hidrogeológico llevado a cabo por la OFN, DGOP y SG de la DFN (1975-1977), y que está representada por los materiales terciarios de relleno de la cuenca del Ebro en condiciones endorreicas.

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

Comprendiendo los cuatro cuadrantes que integran la Hoja a escala 1:50000 de Sangüesa (174) se diferencian en la serie tres intervalos principales, cada uno de varios cientos de metros de potencia, con predominio de depósitos clásticos y por lo tanto con posibilidades de constituir acuíferos de cierta entidad. El más bajo en la serie constituye la parte inferior de los “Areniscas y lutitas de Sangüesa, el intermedio está adscrito a las “Areniscas y Lutitas de Rocaforte” y el superior, desarrollado en los sectores meridionales de la zona de estudio, representa la parte alta de la serie y al sur de Gallipienzo intercala términos conglomeráticos.

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.

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

Destacan por su importancia hidrogeológica los materiales cuaternarios ligados a la dinámica fluvial de los principales ríos y cursos mayores subsidiarios. Corresponden a terrazas y depósitos aluviales. Su distribución geográfica por tanto está directamente determinada por el recorrido de las redes hidrográficas principales.

En general dan lugar a secuencias simples de depósito de potencia métrica y tendencia granodecreciente con desarrollo de gravas en la parte inferior pasando en vertical a arenas y limos. Normalmente constituyen niveles de escaso espesor (1-5 m) no obstante pueden registrarse valores a cerca de 20 m (aluvial del río Aragón).

Los depósitos de ladera presentan en general rangos bajos de permeabilidad, a causa de su naturaleza esencialmente lutítica. Únicamente poseen cierta porosidad intergranular los términos clásticos (canchales, coluviones de bloques) desarrollados localmente a pie de escarpes rocosos.

Funcionamiento hidrogeológico.

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

Constituyen acuíferos libres, de extensión variable y la permeabilidad es alta por porosidad intergranular dada la escasa o nula compacidad de los depósitos. Las descargas son directas a los ríos en los niveles conectados con los cursos fluviales (aluviales y terrazas bajas) y por manantiales de escasa entidad a cotas más altas, en terrazas colgadas y depósitos de ladera permeables.

Parámetros hidráulicos.

Se han recopilado los datos existentes en el libro de “las Aguas subterráneas en Navarra. Proyecto hidrogeológico”. (DFN, DGOP y SG de la DFN, 1975-77) que hacen referencia únicamente al aluvial del río Aragón aguas abajo de la zona de estudio en su confluencia con el Ebro. En el marco de dicho proyecto se realizaron ensayos que proporcionaron para el aluvial de Aragón unos valores de transmisividad comprendidos entre 100 y 3000 m²/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 174-1 Aibar y se establecen las características geomecánicas de los materiales que la componen.

La 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
- “Documento XYZT Presa de Yesa”. MOPU. Dirección General de Obras Hidráulicas. Confederación Hidrográfica del Ebro. 1986 Hoja 175-1
- “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 174-2
- “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 174-1 y 174-2

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); Lumbier (174-II); Cáseda (174-III), Sangüesa (174-IV) y Tiermas (175-I) - Realización de la base de datos. Se ha elaborado una ficha geotécnica, donde figuran los ensayos de laboratorio recopilados. Estos tratan de establecer, de la manera más adecuada posible la naturaleza actual de la roca, su comportamiento mecánico y/o hidráulico y, la evolución y propiedades de la misma bajo los procesos de meteorización. Los ensayos recopilados se clasifican en los siguientes grupos:

- Identificación; establecen la naturaleza de la roca y su estado natural aparente (granulometría, límites de Atterberg, densidad y humedad, absorción, grado de meteorización).

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

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

- Tratamiento estadístico de los datos incluidos en la base de datos. En esta fase se indexa la información de la base 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 I₁, I₂, I₃
- ÁREA II: ZONA II₁, II₂, II₃, II₄, II₅
- ÁREA III: ZONA III₁, III₂, III₃, III₄, III₅, III₆
- ÁREA IV: ZONA IV₁, IV₂, IV₃, IV₄

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

CUADRO 1**CORRELACIÓN ENTRE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS Y ZONAS GEOTÉCNICAS EN LA HOJA DE AIBAR. 174-I**

UNIDAD CARTOGRÁFICA	ZONACIÓN GEOTÉCNICA	DESCRIPCIÓN
62	IV ₄	Depósitos antrópicos
46,47 ,52,53,57,58	IV ₃	Depósitos fluviales, aluviales y poligénicos
.55, 56, 59,	IV ₂	Depósitos de gravedad
23, 26, 29, 31,	III ₃	Lutitas con intercalaciones de areniscas
21, 24,25,28,30,33,34,34,37, 38,40	III ₂	Alternancia de areniscas y lutitas ocreas
15,16, 17,	II ₅	Areniscas y lutitas
14, 18,	II ₄	Margas
19	II ₃	Calcarenitas, calizas margosas y margocalizas

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 (ϕ) 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/cm² y de 30 Kp/cm² 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 ²
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. Aréa II

Zona II₃

- Características Geológico-Geotécnicas

Se reconoce esta unidad en el entorno de la estructura anticlinal de la Foz de Lumbier así como en las proximidades de las estribaciones de la Sierra de Leyre, junto al río Salazar en Lumbier. También se reconoce en las inmediaciones del puerto de Loiti, junto al señorío de Celigüeta.

: Su comportamiento geomecánico viene ligado, a la alternancia de niveles menos resistentes entre niveles duros.

Características constructivas :

. Cimentación :

Se pueden considerar presiones admisibles variables entre 6 y 10 Kp/cm².

Será importante considerar en el cálculo de la cimentación la posible presencia de niveles menos competentes, entre los más resistentes.

. Excavabilidad :

En general no son ripables, eventualmente aparecerán niveles que podrán excavarse con pala mecánica.

. Estabilidad de taludes :

Normalmente son estables, ocasionalmente pueden aparecer problemas puntuales de inestabilidad, debido a la presencia de niveles margosos de menor competencia que el resto, provocándose caídas de material margoso.

. Aptitud para explanadas de carreteras

Generalmente se pueden obtener explanadas del tipo E-3, en algún caso se deberá añadir material seleccionado.

Zona II₄

- Características Geológico-Geotécnicas

Está constituida por un potente conjunto margoso del Eoceno medio-superior, de pobre expresión morfológica en el paisaje, definiendo formas alomadas de relieve. En general, se trata de margas grises masivas sin planos de estratificación, excepción hecha de un tramo inferior de naturaleza turbidítica que presenta intercalaciones turbidíticas.

En contacto con la atmósfera y sometidas a cambios de humedad, se alteran rápidamente sufriendo un proceso de fragmentación y disgregación espontánea que favorecen la erosión superficial y los desprendimientos en taludes, así como un cambio de color a marrón grisáceo (que se reconoce muy bien en juntas y grietas), El espesor del horizonte superficial de alteración se sitúa próximo a los 4 m, llegando a alcanzar 15 m en zonas próximas a cursos fluviales.

Se dispone de una amplia relación de ensayos de laboratorio de las Margas de Pamplona, extensamente caracterizados en multitud de estudios geotécnicos. Estos datos son extensibles al conjunto de los materiales de la Zona, ya que su misma composición litológica y comportamiento mecánico no permite una diferenciación clara entre ellos.

De los ensayos recopilados se disponen datos de los niveles sanos y alterados, por lo que hacemos referencia ambos. A continuación se describen los valores más característicos :

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas

Clasificación de Casagrande :	CL
Densidad seca (margas no alteradas) :	1,69 - 1,87 gr/cm ³
Densidad seca (margas alteradas) :	0,84 - 2,13 gr/cm ³
Porcentaje pasa tamiz nº 200 (margas no alteradas):	46 - 99 %
Porcentaje que pasa tamiz nº 200 (margas alteradas):	23 - 89 %
Límite líquido (margas no alteradas):	32 - 44
Límite líquido (margas alteradas)	31,2 - 45

Indice plasticidad (margas no alteradas):	13 - 24,5
Indice plasticidad (margas alteradas)	14 - 41,1
Humedad (margas no alteradas) :	11,6 - 19,86
Humedad (margas alteradas) :	11,2 - 21,3
Contenido en carbonatos (margas no alteradas) :	40-50 %
Contenido en carbonatos (margas alteradas)	26 - 49,6 %
Contenido en sulfatos (margas no alteradas)	< 0,01%
Contenido en sulfatos (margas alteradas)	0,0
Densidad Proctor (margas no alteradas) :	1,83 gr/cm ³
Densidad Proctor (margas alteradas) :	1,61 - 2,04 gr/cm ³
Humedad óptima (margas no alteradas)	15,1 %
Humedad óptima (margas alteradas)	10,6 - 18,8 %
Indice C.B.R. (margas alteradas)	2,9 - 7,2
Resistencia a compresión simple (margas no alteradas) :	100 - 200 Kp/cm ²
Resistencia a compresión simple (margas alteradas) :	1,5 - 4,5 Kp/cm ²
R.Q.D. medio :	66%
Angulo rozamiento interno (margas no alteradas)	25°
Angulo rozamiento interno (margas alteradas)	28°
Cohesión (margas alteradas) :	0,05
Módulo de deformación (margas no alteradas) :	10.000
Módulo de deformación (margas alteradas) :	100 - 200
Coefficiente de Poisson (margas no alteradas) :	0,1
Coefficiente de Poisson (margas alteradas) :	0,3
Hinchamiento de Lambe :	Marginal

El contenido en carbonatos disminuye hasta niveles superficiales debido a la disgregación y alteración de las margas por procesos de meteorización. Su bajo contenido en sulfatos permite descartar problemas de agresividad al hormigón, mientras que su carácter impermeable, determina la ausencia de agua en profundidad. Únicamente, cabe considerar una saturación potencial de los niveles alterados y la infiltración a través de fisuras, factores estos que no deben crear problemas de drenaje en excavaciones.

En función de los ensayos de compresión simple se observa que los materiales alterados presentan unos valores de resistencia comprendida entre 2 y 6 kp/cm². En términos generales, a partir de los 5 m de profundidad (ensayos SPT dan rechazo) aumenta notablemente la resistencia del terreno, alcanzando valores superiores a los 200 kp/cm².

- Características constructivas

a. Condiciones de cimentación

La capacidad de carga varia entre 2,5 - 10 kp/cm², dependiendo que la roca se encuentre alterada o en estado sano. En las margas sanas según los valores normalizados que se dan en el Código Británico puede considerarse una capacidad portante superior dada la resistencia a compresión supera en muchos casos los 100 kp/cm². No obstante, para edificios habituales, suponen valores suficientes.

Los problemas de cimentación estarán relacionados con variaciones importantes del horizonte de alteración y presencia de intercalaciones de arcillas blandas, que pueden provocar asientos diferenciales y fenómenos de punzonamiento.

- Condiciones para obras de tierra

. Excavabilidad

Las margas alteradas son fácilmente excavables. En estado sano, su excavabilidad, así como la de las intercalaciones de areniscas, está asegurada por medios mecánicos, empleando retoexcavadoras de gran potencia con martillo picador.

. Estabilidad de taludes

Generalmente, tanto los taludes naturales como los artificiales son inestables, observándose fenómenos de flujo de barro, desprendimientos de bloques y deslizamientos, todos ellos de pequeña magnitud, que afectan únicamente al nivel superficial de alteración.

La elevada alterabilidad de las margas al aflorar obligará en muchos casos a adoptar medidas encaminadas a mitigar los efectos de la erosión superficial y procesos de acarreamiento (hidrosiembras, bermas, escalonamiento, etc.).

. Aptitud para préstamos. Se consideran Inadecuados, debido a su elevada alterabilidad en condiciones de afloramiento.

- . Aptitud para explanada en carreteras. Constituyen Suelos No Aptos, que precisan la extensión sobre ellos de una explanada mejorada.
- . Obras subterráneas. En general afectarán al sustrato inalterado, varía entre Clase III y Clase IV (Roca Media-Mala).

Zona II₅

- Características Geológico-Geotécnicas

La zona está constituida íntegramente por la alternancia de areniscas, calcarenitas y arcillas, correspondiendo a depósitos de origen turbidíticos. Los tramos arcillosos constituyen la mayor parte del depósito, condicionando, por lo tanto, las características geotécnicas. Para la definición geotécnica en estos materiales se dispone de una completa información referente al Flysch de Irurozqui, cuyo comportamiento geotécnico en conjunto es similar a los materiales de esta zona.

Análisis mineralógico efectuado en estos materiales, indican la siguiente composición mineralógica :

Minerales de la arcilla	37%
Cuarzo	17%
Plagioclasa	Indicios
Calcita	33%
Dolomita	10%
Hematites	< 1,5%
Ankerita	2%
Yeso	Indicios

Por lo que respecta a los minerales de la arcilla su composición es la siguiente :

Ilita	73%	27% total de la muestra
Clorita/Caolinita	27%	10% del total de la muestra
Sepiolita	Indicios	

En esta formación, en base a los datos existentes y a grandes rasgos, se puede distinguir los siguientes niveles : una capa superficial de arcilla limosa gris plástica con cierta proporción de materia orgánica (tierra vegetal) y que alcanza en torno a 0,40 m de profundidad; el nivel de alteración del material sano subyacente constituido por arcilla marrón claro con niveles de areniscas, su espesor varía entre 1,5 y 6 m con un promedio de 3 m aproximadamente; una transición al flysch de color más grisáceo que el nivel alterado, su espesor se cifra en 1,50 m aproximadamente (oscilando entre 4,0 m y su práctica inexistencia); flysch sano formado por una alternancia de margas y arcillas calcáreas gris oscuro muy duras y niveles de areniscas gris, con abundantes diaclasas subverticales en toda la serie paralela a la estratificación.

En el Sistema Unificado corresponden fundamentalmente al tipo CL, con límite líquido comprendido entre 33.2 y 47.1 e índice de plasticidad entre 13.0 y 26.3.

El contenido de carbonatos se sitúa entre 24,0 y 51,3%. A efectos de agresividad de los suelos se ha determinado su contenido en sulfatos, expresado en tanto por ciento de SO_3 de diversas muestras obteniéndose generalmente que el porcentaje es inapreciable.

Los ensayos de penetración dinámica tipo SPT indican que estos materiales, incluso alterados, son generalmente de resistencia compacta a dura ya que en todos los casos se alcanza el rechazo (para profundidades menores de 3,5 m).

Los ensayos de rotura a c. simple disponibles, se han efectuado en muestras alteradas y sanas, por lo que se ha podido valorar el diferente comportamiento. Se ha observado que los resultados son un reflejo del grado de alteración. Para los materiales arcillosos más alterados se obtienen resistencias de 1.22 y 1.51 kp/cm^2 . En el nivel de transición al sustrato sano el valor de la resistencia a compresión simple ha sido de 0,07 kp/cm^2 , en las margas relativamente sanas este ensayo ha dado valores entre 49 y 428 kp/cm^2 siendo los valores más bajos generalmente los de muestras a menos profundidad, con una media cercana a 200 kp/cm^2 . Respecto a las areniscas pueden alcanzar hasta 795 kp/cm^2 de resistencia compresión simple.

Tomando como punto de partida los valores de la resistencia a compresión simple y empleando la correlación de Butler para arcillas sobreconsolidadas ($ER = 130 \times q_u$) se obtiene un valor de módulo de deformación a largo plazo de las margas alteradas de cerca de 100 kp/cm^2 . No obstante, será probablemente algo más alto teniendo en cuenta

que las correlaciones con los valores del golpeo en el ensayo SPT, como la enunciada por Stroud, permite deducir un módulo no inferior a 540 kp/cm^2 . En la zona menos alterada, el módulo de deformación deducido a partir de la resistencia a compresión simple ($9,97 \text{ kp/cm}^2$) se cifra en 650 kp/cm^2 .

La resistencia a compresión simple está bien correlacionada con la densidad seca de estos materiales. Ambos parámetros junto con la humedad natural sirven como indicadores del grado de alteración del flysch.

Respecto al comportamiento en deformación, en los dos ensayos edométricos llevados a cabo se han obtenido los siguientes parámetros. El índice de poros inicial e_0 , ha tomado valores de 0,566 y 0,611, mientras que los índices de compresión C_c resultantes han sido de 0,153 y 0,161, estos valores nos indican una consistencia del material definida como dura.

Para estimar problemas de expansividad se han consultado ensayos Lambe, clasificándose las muestras como marginales o no críticas. Por ello, no son de esperar problemas de este tipo.

La caracterización del macizo rocoso en cuanto a resistencia a compresión y módulo de deformación se realiza a partir de los parámetros de la roca matriz minorándolos mediante reglas empíricas que tienen en cuenta la existencia de discontinuidades en el macizo. La resistencia a compresión del macizo se estima a 25 kp/cm^2 , mientras que el módulo de deformación a adoptar se cifra en 10.500 kp/cm^2 .

Igualmente se dispone de perfiles sísmicos realizados en esta formación, en los cuales se deduce que en el nivel más superficial correspondiente a la tierra vegetal y parte más alterada de este flysch, la velocidad de propagación de la onda sísmica es de 400 m/s aproximadamente. En la capa de flysch margoso comprimido y algo alterado esta velocidad puede oscilar entre 1000 y 1500 m/s , siendo en la zona sana superior a 3000 m/s .

Para la obtención o parámetros relacionados con obras de tierra, se han consultado ensayos de compactación con los materiales de calicatas y cuyos resultados se reflejan en el cuadro siguiente.

VALORES CORRESPONDIENTES AL FLYSCH DE IRUROZQUI

SONDE O	PROFUNDI DAD		TA MIZ 200 (%)	LL	PROCTO		C.B.R.		M. O (%)	USCS
	de	a			D.M (t/m ³)	H.O. (%)	INDI CE (100 % p)	HI N. (%)		
C-116	0,50	0,70	80,0	34,9	1,89	12,4	4,3	1,80		CL
C-113	1,00	1,10	89,0	37,2	1,88	13,9				CL
C-111	0,50	0,75	71,0	33,2	1,87	14,8				CL
C-106	3,00	3,20	93,0	39,2	1,87	14,9	2,8			CL
C-115	1,20	-	95,0	40,8	1,81	16,1				CL
C-112A	0,80	1,00	97,0	39,1	1,80	15,3	3,0	1,71	0,32	CL
C-103	1,50	2,40	92,0	42,8	1,78	16,2	0,6			CL
C-110	2,30	2,65	97,0	41,0	1,73	17,5	2,5	1,64		CL
C-112	1,20	1,30	94,0	46,2	1,67	15,5	0,7	1,59		CL

Estos datos indican que los materiales de esta formación son generalmente inadecuados, en algún caso tolerables, de acuerdo con la clasificación establecida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puertos (PG-4) del MOPT.

De las determinaciones de humedad realizadas se deduce que el contenido de agua de las muestras superficiales alteradas es sólo ligeramente superior al óptimo exigido en la compactación. Este contenido desciende en las muestras de materiales sanos por lo que sería necesario su humectación para su empleo, además de algún tratamiento que resolviera el problema de su evolutibilidad.

Una característica fundamental de esta formación, que comparte con todas aquellas de carácter arcilloso y fuertemente preconsolidadas en su elevada susceptibilidad a la alteración inducida por la meteorización física-química. Así los desmontes observados presentan taludes de mediana pendiente, estando el material en superficie muy troceado formando escamas que se desprenden fácilmente con la mano, aunque, como señala

Wilson, para este tipo de formaciones la alteración no suele profundizar mucho debido a la cubierta que forma el suelo residual formado.

A continuación se resumen las características geomecánicas de estos materiales :

CUADRO RESUMEN DE CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS Y GEOMECANICAS		
PROPIEDADES	Margas alteradas	Margas sanas
Clasificación USCS	CL	
Porcentaje de finos (%)	99 - 71 (MEDIA = 90,4)	
Límite líquido	47,1 - 33,2 (MEDIA = 39,7)	
Índice de plasticidad	26,3 - 13,0 (MEDIA = 20,3)	
Porcentaje de carbonatos (%)	51,3 - 24,0 (MEDIA = 37,4)	
Porcentaje de sulfatos (%)	0,21 - IND (INAPRECIABLE)	
Porcentaje de materia	0,90 - 0,32	2,76 - 2,48

orgánica (%)	1,89-1,64	(MEDIA = 2,57)
Densidad seca (t/m ³)	(MEDIA=1,74)	5,2-1,2 (MEDIA=2,9)
Humedad natural (%)	19,6-15,4	795-49 (MEDIA=267)
Q _u (kp/cm ²)	(MEDIA=18,1)	2 - 15
Cohesión (kp/cm ²)	9,97 - 1,22	30 - 35
Angulo de rozamiento interno	0,2 - 1,35	10500
Módulo de deformación (kp/c ²)	100 - 650	
Q _u = Resistencia a compresión simple		
NOTA : Parámetros de resistencia al corte similares a los de MARGAS DE PAMPLONA		

Características constructivas

- Condiciones de cimentación

En función de los valores de la resistencia al corte, resistencia a compresión simple y parámetros de deformabilidad, se han calculado las presiones admisibles, en los términos que establece la Metodología, para los suelos superficiales de alteración de esta formación.

Las presiones admisibles calculadas en el nivel superficial reblandecido o saturado son en el peor de los casos superiores a 1,4 kp/cm², según se deduce de los ensayos de resistencia a compresión simple. Atendiendo a los resultados de los ensayos SPT serán probablemente mayores. En los niveles algo alterados y en los relativamente sanos, según los valores orientativos que se dan en el Código inglés CP2004/1972, pueden considerarse presiones admisibles entre 6 y 10 kp/cm², posiblemente superiores dada la resistencia a compresión, superior en muchos casos a los 100 kp/cm², pero que para edificios habituales suponen valores suficientes. No obstante, como norma general, para edificios altos o cuando se prevean fuertes cargas concentradas, se requerirá un estudio de resistencia y deformabilidad.

El tipo de cimentación a emplear depende del espesor del horizonte alterado y de su grado de alteración, particularmente en las áreas donde su potencia sea mayor. Se supone por otra parte, que la edificación carece de sótanos, que obligan a efectuar la excavación del terreno y pueden cambiar totalmente el planteamiento de la elección.

Con mayor probabilidad la cimentación será de tipo superficial (zapatas o losa) o semiprofunda, mediante pozos. Para edificios bajos, de menos de seis alturas, la cimentación en general, podrá realizarse mediante zapatas; para alturas superiores se deberá o bien recurrir a losa si la capacidad portante del terreno se sitúa en torno a $1,5 \text{ kp/cm}^2$, o bien deberán buscarse niveles resistentes más profundos en cuyo caso se deberá recurrir a cimentación semiprofunda (mediante pozos) siempre que esos niveles se encuentren entre 3 y 6 m de profundidad. Ocasionalmente, puede ser necesario el empleo de pilotes si el espesor de margas alteradas es superior a 5-6 m y se precisen cargos admisibles superiores a las que posean dichas margas en el punto considerado.

El empleo de losa de cimentación puede ser particularmente adecuado cuando en el área ocupada por el edificio, se produzcan variaciones notables en el espesor del horizonte alterado, que den lugar a asentamientos diferenciales inadmisibles si se pretendiera cimentar mediante zapatas aisladas, por otra parte, la cimentación por losa es una solución costosa para edificios bajos (6-8 plantas).

En donde el espesor del horizonte alterado es más reducido, la ejecución de cimentaciones requerirá un acondicionamiento previo del terreno (desmontes) en función de sus condiciones topográficas y el tipo de cimentación más probable será el superficial.

En función de los resultados del análisis del contenido en sulfatos de los materiales de esta formación no se esperan problemas de agresividad; tampoco de afluencia de agua a las excavaciones.

Entre los problemas de cimentación pueden considerarse :

- . Variaciones importantes del espesor del horizonte compresible, que dan lugar a asentamientos diferenciales inadmisibles.
- . Alterabilidad del material que aconseja realizar las cimentaciones inmediatamente después de excavadas o al menos la protección del fondo con una capa de hormigón pobre.
- . Dificultad en la excavación al encontrarse el horizonte no ripable a poca profundidad que puede llegar a aparecer a 2,50 m.

Condiciones para obras de tierra

- Excavabilidad

A partir de 4,0 m de profundidad, como media, se deberá excavar con ayuda de explosivos ya que se detectan rocas en estado sano con velocidades de onda sísmica superiores a 3.000 m/sg. y no arrancables por medios mecánicos según los catálogos de distintos fabricantes de maquinaria de movimiento de tierras.

Los niveles suprayacentes son arrancables por medios mecánicos convencionales, es decir tractores o bulldozers de potencia superior a 240 CV en estado normal de uso.

Se recomienda además para evitar una intensa fracturación del macizo la utilización de técnicas especiales de voladura como el precorte o el control exhaustivo del volumen de explosivo. Esta precaución redundará además en una mejor conservación del talud de desmonte y una menor meteorización.

- Estabilidad de taludes

En referencia a este punto, la problemática que presenta esta formación similar a la de las margas eocenas englobadas con la denominación de Margas de Pamplona. Es decir se trata de taludes inestables, donde son posibles los deslizamientos por sobresaturación del sustrato

Se observa en los taludes naturales la típica escamación y fisuración de estas formaciones que no impide sin embargo que existan taludes naturales abruptos, ya que su resistencia es elevada. Soportan bien, salvo con estratificación desfavorable, cortes de elevada altura con taludes inclinados. La presencia de capas de areniscas calcáreas, que arman el talud, es un factor primordial para esta resistencia.

Desde el punto de vista de la estructura del macizo, la existencia de zonas con alto buzamiento de las capas de flysch margoso (60° a 70°) implica que ángulos de corte por debajo de los 60° darían lugar a taludes seguros ya que todos los estratos quedarían enclavados y encajados en el terreno sin posibilidades de rotura plana a favor de la estratificación. Sólo sería entonces posible roturas a favor de planos de continuidad (diaclasas) con orientación desfavorable, que da lugar al fenómeno de toppling o vuelco de estratos. Otras zonas, sin embargo, presentan buzamientos de 25° a 45°. En donde se dieran condiciones desfavorables de rumbos de desmonte y de la estratificación paralelos, deben adoptarse taludes suaves del orden de la inclinación de la estratificación para prevenir la

rotura plana a favor del buzamiento de los estratos, máxime teniendo en cuenta la alterabilidad de estos materiales. El talud del lado contrario no presentaría problemas de estabilidad al dirigirse los estratos hacia el interior del macizo pudiendo adoptarse taludes abruptos.

En la zona de meteorización de la roca la rotura del talud puede llegar a ser circular, según se señala en el Capítulo 9 del libro "Rock Slope Engineering" de Hoek y Bray. Estos deslizamientos serían poco profundos dado que la alteración no es muy profunda.

- Empujes sobre contenciones

Se estiman entre Bajos y Medios, dependiendo de la alteración de los materiales y de la protección que se de a la coronación del talud.

- Aptitud para préstamos

Al igual que las Margas de Pamplona se consideran materiales No Aptos, ocasionalmente Marginales. Las condiciones de su posible uso deben ajustarse a lo que recomienda en el caso de las Margas de Pamplona.

- Aptitud para explanada de carreteras

Se trata de suelos E-3, No Aptos, que precisarán la extensión sobre ellos de una explanada mejorada.

- Obras subterráneas

Las obras subterráneas realizadas en estas Zonas afectarán a la formación sana que, de acuerdo con los términos descritos en la Metodología se consideran terreno medio. Considerada como formación rocosa, según la clasificación de Bieniawski (1979), corresponde a roca Media (Clase III)- Mala (Clase IV).

5.3.4.2. Área III

Zona III₂

- 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 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^3
Humedad óptima	11,6 %
Índice C.B.R.	4,4
Resistencia a compresión simple (lutitas sanas) :	> 25 Kp/cm^2
Resistencia a compresión simple (areniscas) :	300-700 Kp/cm^2
R.Q.D. medio :	80-100 %
Ángulo rozamiento interno (\emptyset)	30°
Cohesión	0,15

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

- Características constructivas

a. Condiciones de cimentación.

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

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

b. Condiciones para obras de tierra.

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

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

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

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

ZonaIII₃

- Características Geológico-Geotécnicas

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

Se trata de una unidad detritica, formada fundamentalmente por lutitas rojas y 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/cm², esperandose asientos de consolidación a largo plazo.

. Excavabilidad

Son materiales facilmente excavables.

. Estabilidad de taludes

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

. Aptitud para explanadas de carreteras

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

5.3.3.4. Área IV

Zona IV₂

- 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 ³
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

Condiciones de cimentación. Se consideran cargas admisibles entre 1,5-2,5 Kp/cm². 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 IV₃

- 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, glaciares de cobertera y glaciares 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 ³
Humedad Óptima Proctor Normal	15/7 %

Ángulo de Rozamiento Interno (ϕ)	30,5/40 °
Cohesión (C')	1,0/2,20

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

- Características constructivas

- a. Condiciones de cimentación. Para el conjunto de los materiales que definen la Zona, se estima una capacidad portante variable entre 1 y 3,5 Kp/cm², 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 IV₄

- 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 prestamos previo tratamiento
- . Aptitud para explanada en carreteras. Para constituir explanadas no son aptos, necesitando Suelo Adecuado (ej.: grava clasificada). previa compactacion y desarrollo
- . Obras subterráneas. Terrenos Muy dificiles 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 Navara y Rioja
Not. y Com. del IGME, num. 90, pp 53-76.

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

1985

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

DEL VALLE, A.

1932

Descubrimiento de la cuenca potásica de Navarra

Notas y comunicaciones del IGME, vol. IV.

DEL VALLE, J.

1993

Acuíferos de la Cuenca de Pamplona

Inédito

DEL VALLE, J. y PUIGDEFABREGAS, C.

1978

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

IGME

DELFAUD, J.

1969

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

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

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

1990

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

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

ESTRADA, M.R.

1982

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

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

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

1992

Mapa Geológico de Navarra a escala 1:200.000

Gobierno de Navarra.

FRUTE J.Y.

1988

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

These. Université de Pau

GARCIA SANSEGUNDO, J.

1991

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

Tesis Doctoral. Univ. de Oviedo.

GARCIA SIÑERIZ, J.

1943

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

Agosto 1943, p. 37-52

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

1987

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

IGME.

HERNANDEZ SAMPELAYO, P.

1933

El flysch en Yesa, Navarra . Comunicados del IGME.

HOTTINGER, L.

1961

Acerca de las Alveolinas paleocenas y eocenas

N. y C. IGME, nº 64, p. 37, Madrid.

IGME

1973

Mapa Geológico a escala 1:50.000 nº 175. Sigües

2ª Serie

IGME

1978

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

2ª Serie

IGME

1987

Mapa Geológico a escala 1:50.000 nº 174. Sangüesa

2ª Serie

IGME

1987

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

LABAUME, P.

1983

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

These 3^{ème} cycle, USTL, Montpellier, 170 p.

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

1983

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

Bull. Soc. Géol. France, (6), 25 pp.

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

1987

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

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

1985

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

Tectonics 4 pp. 661-68.

LAMARE, P.

1927

Sur la structure des Pyrénées navarraises.

C.R. XIV^o 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 dú 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 Río 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 Sabiñanigo. 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 ORTI 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 (North 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 Anual 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 Marino

1.1.1. Eoceno.

1.1.1.1. Margas grises. Margas de Pamplona. (14). Bartonense.

1.1.1.2. Margas grises con algunas intercalaciones de areniscas. (15). Alternancia de areniscas ocre y lutitas, (16) “Turbiditas de Gongolaz y Yesa” y Areniscas y lutitas (17) “Areniscas de Tábar”. Bartonense-Priabonense inferior.

1.1.1.3. Margas grises. Margas de Ilundain. (18). Priabonense inferior.

1.1.1.4. Calcarenitas y areniscas ocre (19). Priabonense inferior.

1.1.1.5. Areniscas ocre y lutitas grises (21). Areniscas de Liédena. Priabonense superior-Headonense.

1.1.2. Análisis secuencial y paleogeográfico del Paleógeno marino (Paleoceno- Eoceno).

1.2. Terciario Continental.

1.2.1. Oligoceno.

1.2.1.1. Alternancia irregular rojas y ocre y areniscas con intercalaciones de calizas margosas (23) y Areniscas y lutitas rojas (24). “Areniscas y lutitas de Javier”. Headonense - Sueviniense.

1.2.1.2. Areniscas y lutitas ocre (25) y Lutitas ocre con algunas intercalaciones de areniscas (26), “Areniscas y lutitas de Sangüesa”. Sueviense-Arveniense inferior.

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

- 1.2.1.4. Lutitas ocreas con algunas intercalaciones de areniscas (31) y Areniscas y limos ocreas (33). “Lutitas y areniscas de Ayesa”. Arverniense.
- 1.2.1.5. Areniscas grises. “Areniscas de Abaiz” (34). Arveniense superior.
- 1.2.1.6. Alternancia de areniscas y lutitas ocreas (35). Arveniense superior.
- 1.2.1.7. Areniscas y lutitas ocreas (36) y Alternancia irregular de lutitas ocreas y areniscas (37). “Areniscas y lutitas de Uzquita “ Arverniense superior.
- 1.2.1.8. Areniscas con intercalaciones de lutitas ocreas y rojas. “Areniscas y lutitas de San Zoilo” (38). Arverniense superior-Ageniense.
- 1.2.2. Mioceno
 - 1.2.2.1. Alternancia de areniscas y lutitas ocreas y rojas. (40). Ageniense.
- 1.2.3. Análisis secuencial y paleogeográfico del Terciario continental
- 1.3. Cuaternario.
 - 1.3.1. Pleistoceno.
 - 1.3.1.1. Gravas, arenas y lutitas con cantos y bloques. Glacis de acumulación (46). Pleistoceno.
 - 1.3.1.2. Lutitas con cantos. Glacis de cobertera (47). Pleistoceno
 - 1.3.1.3. Gravas, arenas y lutitas con cantos y bloques. Terrazas (52). Pleistoceno-Holoceno
 - 1.3.2. Holoceno
 - 1.3.2.1. Lutitas con cantos y bloques en ocasiones cementados. Conos aluviales (53) Holoceno.
 - 1.3.2.2. Cantos y bloques a veces algo cementados. Canchales y coluviones de cantos. (55). Holoceno.
 - 1.3.2.3. Lutitas con cantos y bloques. Coluviones (56). Holoceno.
 - 1.3.2.4. Lutitas y cantos. Aluvial-Coluvial. (57). Holoceno.
 - 1.3.2.5. Lutitas, arenas y cantos. Fondos de valle (58). Holoceno.
 - 1.3.2.6. Lutitas y margas con cantos y bloques. Deslizamientos. (59). Holoceno.
 - 1.3.2.7. Acumulaciones antrópicas. Escombreras. (62). Holoceno.

2. TECTÓNICA

- 2.1. Consideraciones generales.
- 2.2. Descripción de las principales estructuras.
 - 2.2.1. Discordancias.
 - 2.2.2. Pliegues.
 - 2.2.3. Fallas y Cabalgamientos.
- 2.3. Cronología de la deformación.

3. GEOMORFOLOGÍA.

- 3.1. Descripción fisiográfica.
- 3.2. Antecedentes
- 3.3. Análisis morfológico.
 - 3.3.1. Estudio morfoestructural.
 - 3.3.2. Estudio del modelado.
 - 3.3.2.1. Formas fluviales.
 - 3.3.2.2. Formas de ladera
 - 3.3.2.3. Formas poligénicas.
- 3.4. Formaciones superficiales.
- 3.5. Evolución geomorfológica.
- 3.6. Procesos actuales.

4. HISTORIA GEOLÓGICA.

5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

- 5.1. Recursos minerales
 - 5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos.
 - 5.1.1.1. Cobre.

- 5.1.2. Minerales energéticos
- 5.1.3. Minerales y Rocas Industriales.
 - 5.1.3.1. Sales potásicas.
 - 5.1.3.2. Sal común.
 - 5.1.3.3. Areniscas.

5.2. Hidrogeología.

- 5.2.1. Descripción de las formaciones.
 - 5.2.1.1. Margas y margocalizas, localmente con intercalaciones de areniscas. Eoceno medio y superior.
 - 5.2.1.2. Areniscas bioclásticas. Priaboniense inferior.
 - 5.2.1.3. Areniscas tableadas y lutitas. Priaboniense.
 - 5.2.1.4. Lutitas y Areniscas . Oligoceno
 - 5.2.1.5. Areniscas y lutitas. Oligoceno-Mioceno.
 - 5.2.1.6. Gravas, arenas y limos. Cuaternario.
 - 5.2.1.7. Arcillas con bloques y cantos, y arenas. Cuaternario.
 - 5.2.1.7. Areniscas tableadas y lutitas. Priaboniense.
 - 5.2.1.8. Lutitas, arcillas con cantos dispersoso y lutitas margosas. Cuaternario.
- 5.2.2. Unidades acuíferas
 - 5.2.2.1. Areniscas bioclásticas. “Areniscas de Tábar”. Priaboniense inferior.
 - 5.2.2.2. Areniscas tableadas. Areniscas de Liédena. Priaboniense superior-Headoniense.
 - 5.2.2.3. Areniscas y lutitas. Formaciones permeables del Terciario continental Oligoceno-Mioceno. Formaciones permeables del terciario continental. Oligoceno-Mioceno.
 - 5.2.2.4. Gravas, arenas y limos. Formaciones permeables del Cuaternario.

5.3. Geotecnia.

- 5.3.1. Introducción.
- 5.3.2. Metodología
- 5.3.3. Zonificación geométrica.
 - 5.3.3.1. Criterios de división.
 - 5.3.3.2. División en Áreas y Zonas Geotécnicas.
- 5.3.4. Características geotécnicas

5.3.4.1. Introducción

5.3.4.2. Área II

5.3.4.3. Área III

5.3.4.4. Área IV.

6. BIBLIOGRAFÍA