



Gobierno de Navarra

Departamento de Obras Públicas,
Transportes y Comunicaciones

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE NAVARRA

ESCALA 1:25.000

HOJA 115-IV

ANSOAIN

MEMORIA

La presente Hoja y Memoria, ha sido realizado por "Informes y Proyectos, S.A. (INYPSA)", durante los años 1994 y 1995, con normas, dirección y supervisión del Gobierno de Navarra, habiendo intervenido los siguientes técnicos:

Dirección y Supervisión (GOBIERNO DE NAVARRA)

Faci Paricio, E. Dirección del Proyecto

Galán Pérez, G. Dirección del Proyecto

Autores y Colaboradores (INYPSA)

Díaz de Neira, J.A. Cartografía y Memoria

García de Domingo, A. Cartografía, Memoria e Hidrogeología

Cabra Gil, P. Geomorfología y Cuaternario

Solé Pont, J. Sedimentología

Gil Gil, J. Informática Geológica y Geotecnia

Matos Marcos, L.M. Informática Geológica

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. ESTRATIGRAFIA	10
2.1. MESOZOICO	11
2.1.1. Cretácico.....	11
2.1.1.1. Margocalizas y margas (190). Maastrichtiense	11
2.1.1.2. Margas (189). Maastrichtiense	11
2.1.1.3. Análisis secuencial del Cretácico	12
2.2. Terciario.....	13
2.2.1. Daniense - Montiense	13
2.2.1.1. Calizas y calizas con intercalaciones margosas (207). Daniense - Montiense	13
2.2.1.2. Análisis secuencial del Daniense - Montiense.....	14
2.2.2. Thanetiense - Ilerdiense.....	15
2.2.2.1. Calizas y margocalizas con intercalaciones margosas (215). Margas (214). Thanetiense - Ilerdiense	15
2.2.2.2. Análisis secuencial del Thanetiense - Ilerdiense	16
2.2.3. Cuisiense - Luteciense	17
2.2.3.1. Alternancia de areniscas, arcillas y margas (nivel 218). Cuisiense - Luteciense.....	19
2.2.3.2. Calcarenitas (220). Cuisiense.....	19
2.2.3.3. Calcarenitas (223). Cuisiense.....	20
2.2.3.4. Brechas calcáreas (224). Cuisiense.....	20
2.2.3.5. Margas (225). Cuisiense.....	21
2.2.3.6. Calcarenitas (226). Cuisiense.....	22
2.2.3.7. Calcarenitas (229). Cuisiense - Luteciense.....	22
2.2.3.8. Brechas calcáreas (232). Luteciense	23
2.2.3.9. Margas (233). Luteciense	24
2.2.3.10. Calcarenitas (234). Luteciense	24
2.2.3.11. Alternancia de areniscas, arcillas y margas (218). Luteciense.....	24
2.2.3.12. Calcarenitas y margas (235). Luteciense	25
2.2.3.13. Calcarenitas y calizas con intercalaciones margosas (236). Luteciense	26
2.2.3.14. Margocalizas y margas (239). Luteciense.....	26
2.2.3.15. Brechas calcáreas (240). Luteciense	27
2.2.3.16. Margas (241). Luteciense	27
2.2.3.17. Calcarenitas (242). Luteciense	28
2.2.3.18. Alternancia de areniscas, arcillas y margas (nivel 59). Luteciense	28
2.2.3.19. Calcarenitas y margas (243). Luteciense	29
2.2.3.20. Margas (244). Luteciense	29

2.2.3.21.	Calcarenitas y areniscas bioclásticas (245). Luteciense.....	30
2.2.3.22.	Brechas calcáreas (246). Luteciense	30
2.2.3.23.	Margas (247). Luteciense	31
2.2.3.24.	Calcarenitas (248). Luteciense	31
2.2.3.25.	Alternancia de areniscas, arcillas y margas (249). Luteciense.....	31
2.2.3.26.	Calcarenitas (252). Luteciense	32
2.2.3.27.	Calcarenitas y margas (253). Luteciense	32
2.2.3.28.	Margas (254). Luteciense	33
2.2.3.29.	Calcarenitas (255). Luteciense	33
2.2.3.30.	Calcarenitas (256). Luteciense - Biarritziense.....	33
2.2.3.31.	Arcillas con niveles arenosos (249). Luteciense - Biarritziense.....	34
2.2.3.32.	Calcarenitas (260). Luteciense - Biarritziense.....	35
2.2.3.33.	Análisis secuencial del Cuisiense - Luteciense.....	35
2.2.4.	Biarritziense	42
2.2.4.1.	Margas, limolitas y calcarenitas (266). Biarritziense.....	42
2.2.4.2.	Margas (267). Margas de Pamplona. Biarritziense.....	42
2.2.4.3.	Calcarenitas y margas (270). Biarritziense.....	43
2.2.4.4.	Calcarenitas (271). Biarritziense.....	44
2.2.4.5.	Análisis secuencial del Biarritziense	45
2.3.	CUATERNARIO.....	45
2.3.1.	Pleistoceno - Holoceno.....	46
2.3.1.1.	Arcillas de descalcificación (523). Fondos de dolina. Pleistoceno - Holoceno.....	46
2.3.1.2.	Gravas, arenas y arcillas (niveles 508, 524 y 525). Terrazas. Pleistoceno - Holoceno 46	
2.3.1.3.	Arcillas, gravas y arenas (519). Glacis de cobertera. Pleistoceno - Holoceno	46
2.3.2.	Holoceno.....	47
2.3.2.1.	Arcillas, arenas y gravas (543). Coluviones. Holoceno	47
2.3.2.2.	Gravas, arenas y arcillas (536). Conos de deyección. Holoceno	47
2.3.2.3.	Brechas calcáreas (548). Canchales. Holoceno	48
2.3.2.4.	Arcillas, gravas y arenas (545). Deslizamientos. Holoceno	48
2.3.2.5.	Gravas, arenas y limos (527). Fondos de valle. Holoceno	48
2.3.2.6.	Depósitos antrópicos (550). Holoceno	49
3.	TECTÓNICA.....	50
3.1.	CONSIDERACIONES GENERALES	50
3.2.	DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS	51
3.2.1.	Discordancias	51
3.2.2.	Pliegues	52
3.2.3.	Fallas.....	52

3.3. CRONOLOGIA DE LA DEFORMACION	53
4. GEOMORFOLOGIA	55
4.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA	55
4.2. ANTECEDENTES	56
4.3. ANALISIS MORFOLOGICO	57
4.3.1. Estudio morfoestructural	57
4.3.2. Estudio de modelado	58
4.3.2.1. Formas fluviales	58
4.3.2.2. Formas de ladera	60
4.3.2.3. Formas cársticas	61
4.3.2.4. Formas poligénicas	61
4.4. FORMACIONES SUPERFICIALES	62
4.5. EVOLUCION GEOMORFOLOGICA	65
4.6. PROCESOS ACTUALES	66
5. HISTORIA GEOLOGICA.....	69
5.1. EL CICLO HERCINICO.....	69
5.2. EL CICLO ALPINO	69
6. GEOLOGIA ECONOMICA	75
6.1. RECURSOS MINERALES.....	75
6.1.1. Minerales y rocas industriales	75
6.1.1.1. Caliza	75
6.1.2. Interés potencial de los recursos minerales	76
6.2. HIDROGEOLOGIA	76
6.2.1. Descripción de las formaciones	77
6.2.1.1. Arcillas, margas con intercalaciones de calizas margosas y areniscas	77
6.2.1.2. Calizas y margas. Daniense - Ilerdiense	77
6.2.1.3. Margas. Thanetiense.....	78
6.2.1.4. Margas, arcillas con intercalaciones de areniscas y calcarenitas. Cuisiense - Luteciense	78
6.2.1.5. Calcarenitas y brechas calcáreas. Cuisiense - Luteciense	78
6.2.1.6. Margas. Cuisiense - Luteciense.....	79
6.2.1.7. Calcarenitas, calizas y areniscas. Luteciense	79
6.2.1.8. Margas, margocalizas y calcarenitas. Biarritziense	79
6.2.1.9. Calcarenitas, calizas y margas. Luteciense - Biarritziense	80
6.2.1.10. Calcarenitas. Biarritziense.....	80
6.2.1.11. Cuaternario. Formaciones superficiales.....	81

6.2.2. Unidades acuíferas	82
6.2.2.1. Metaturbiditas.....	82
6.2.2.2. Canales de Anoz.....	84
6.2.2.3. Calizas de Navaz	84
6.2.2.4. Calizas de San Cristóbal	85
6.2.2.5. Formaciones permeables del Cuaternario	86
6.3. GEOTECNIA.....	87
6.3.1. Introducción	87
6.3.2. Metodología.....	87
6.3.3. Zonación geotécnica	89
6.3.3.1. Criterios de división	89
6.3.3.2. División en Areas y Zonas Geotécnicas.....	89
6.3.4. Características geotécnicas.....	91
6.3.4.1. Introducción	91
6.3.4.2. Area II.	8
6.3.4.3. Area III.....	15
6.3.4.4. Area IV	27
7. BIBLIOGRAFIA.....	40

1. INTRODUCCIÓN

La Hoja a escala 1:25.000 de Ansoáin (115-IV), incluida en la Hoja a escala 1:50.000 del mismo nombre, se encuentra englobada en el Pirineo occidental, próxima a su límite con el Arco Vasco.

El relieve es alomado, localizándose su máxima elevación es el monte Ostiasco con 978 m de altitud, mientras que las cotas inferiores se encuentran en los valles de los ríos Ulzama y Arga, con altitudes en torno a los 440 m, en los sectores más bajos de estos cursos fluviales. Hay que destacar la existencia, al sur de la Hoja, de un monte aislado topográficamente, denominado San Cristóbal (895 m) que destaca sobre la cuenca de Pamplona (al sur) y sobre los valles de los ríos Arga, Ulzama, Justapeña y arroyos tributarios del Araquil.

En general, en este relieve alomado, destacan algunas crestas abruptas, constituidas por materiales calcáreos que constituyen los niveles de megaturbiditas incluidas entre la masa turbidítica terrígena y los niveles de calizas de plataforma incluidas entre las margas y margocalizas de talud.

Los cursos fluviales principales que surcan esta Hoja están constituidas por los ríos Arga en el sector oriental, Ulzama que recorre la zona central y suroccidental, y los pequeños afluentes del río Araquil en la zona noroccidental (Fig. 1). Los cursos principales presentan valles amplios mientras que los cursos secundarios presentan barranqueras profundas muy cubiertas por vegetación en toda la Hoja.

La densidad de población es en general baja, y se concentra en mayor medida en los pueblos situados al sur, como Villava, Arre, Ansoáin y Berriozar, que constituyen la zona de expansión demográfica de Pamplona. El resto de las poblaciones, se concentran en numerosos núcleos urbanos dispersos, y en cualquier caso con menos de 500 habitantes. La principal ocupación de la población se centra fundamentalmente en la agricultura y la ganadería.

La Hoja se encuentra surcada en el sector oriental por la carretera comarcal 135, en el sector central por la carretera nacional 121, existiendo un enlace de esta última vía de comunicación con la carretera nacional 240, que recorre el sector occidental de la Hoja.

Desde un punto de vista geológico, la Hoja se enmarca en el Pirineo occidental, próxima a su confluencia con la Cuenca Vasco - Cantábrica (Fig. 2). A grandes rasgos, el orógeno pirenaico se caracteriza por un cinturón de pliegues y cabalgamientos de orientación E-O, desarrollados entre el Cretácico superior y el Mioceno inferior como resultado de la convergencia entre las placas Ibérica y Europea; presenta una elevada simetría con respecto a su franja central, denominada Zona Axial, integrada fundamentalmente por rocas plutónicas y materiales paleozoicos, que constituyen el zócalo regional. Flanqueando a la Zona Axial se disponen las Zonas Nor y Surpirenaica, constituidas por materiales mesozoicos y paleógenos intensamente plegados, que integran la cobertera. Esta última zona cabalga sobre la Depresión del Ebro, cuenca de antepaís rellena por sedimentos neógenos postorogénicos.

En cuanto a la Cuenca Vasco-Cantábrica, considerada tradicionalmente como un sector marginal de la cadena pirenaica, está constituida por materiales mesozoicos y paleógenos moderadamente deformados, que muestran cierta similitud con los de la Zona Norpirenaica. El límite entre el Pirineo occidental y la Cuenca Vasco-Cantábrica coincide con un accidente transversal a la cadena, de dirección NE-SO, conocido como falla de Pamplona (o de Estella-Elizondo), cuyo reflejo superficial es la alineación de diapiros navarros. Dicho accidente no supone un límite arbitrario, ya que a ambos lados del mismo se aprecia una importante variación de las características estratigráficas y estructurales de los materiales aflorantes.

Esta Hoja está ocupada fundamentalmente por depósitos cuya edad está comprendida entre el Paleoceno y el Eoceno y su característica esencial es que en ella se encuentra los depósitos de transición entre los materiales sedimentados en una plataforma calcárea al O de la Hoja y los incluidos en un surco turbidítico al E.

Estructuralmente, la Hoja presenta en el sector oriental una disposición monoclinal, con buzamiento hacia el sur, plegada a su vez por estructuras laxas de direcciones NO-SE (Fig. 3). En el sector occidental se aprecian pliegues más apretados indicando un cambio en su disposición estructural y su mayor proximidad a la falla de Pamplona.

La cartografía de la presente Hoja está basada en la realizada por CARBAYO et al., para la DIPUTACION FORAL DE NAVARRA, habiendo sido actualizada en base a criterios estructurales y sedimentarios fundamentalmente.

Son muy numerosos los trabajos de carácter general que pueden encontrarse en la literatura regional acerca del Pirineo y la Cuenca Vasco-Cantábrica, tal como puede apreciarse en el capítulo correspondiente a bibliografía, si bien no puede afirmarse otro tanto de los que afectan de forma específica al territorio ocupado por la Hoja. De entre todos ellos, han sido del máximo interés para la realización del presente trabajo los elaborados por: VILLALOBOS et al. (1974), relativo al flysch del Cretácico superior navarro; CARBAYO et al. (1978), con motivo de la realización de la Hoja geológica a escala 1:50.000 de Gulina (115) correspondiente al Plan MAGNA; MARTINEZ TORRES(1989), que en su tesis doctoral aborda el estudio de las estructuras existentes en el tránsito entre el Pirineo occidental y el Arco Vasco; y PAYROS et al. (1992), que centran su estudio en los depósitos turbidíticos eocenos de la cuenca surpirenaica.

2. ESTRATIGRAFIA

La estratigrafía de la Hoja se ha realizado en base a criterios secuenciales, definiendo unidades tectosedimentarias limitadas por rupturas deposicionales con expresión cuencial. En cada unidad así definida y delimitada se ha cartografiado los distintos cuerpos litológicos, determinando hasta donde ha sido posible, sus variaciones espaciales y sus relaciones de facies.

La descripción de los niveles cartográficos se ha realizado con el apoyo de las distintas bases de datos elaboradas, agrupándose dichos niveles en las diferentes unidades tectosedimentarias que se han definido en esta región, teniendo en cuenta la escala de trabajo y su carácter, eminentemente cartográfico.

Los materiales aflorantes se encuentran comprendidos entre el Maastrichtiense y el Holoceno. Los depósitos del Cretácico superior están formados por margas y margas y margocalizas, que representan facies de plataforma carbonatada en tránsito a surcos turbidíticos situados al N de la Hoja. El Paleoceno (Daniense - Monticense), está representado por una estrecha banda calcárea, mientras que el tránsito al Eoceno (Thanetiense - Ilerdiense) comprende a un conjunto margoso. El Cuisiense - Luteciense inferior está formado por turbiditas terrígenas que presentan intercalaciones de megaturbiditas calcáreas.

El Luteciense medio y superior está formado por turbiditas terrígenas en el sector oriental de la Hoja que pasan a depósitos margo-calcáreos y calcáreos típicos de plataforma, con facies intermedias correspondientes a depósitos de talud con abundantes zonas slumpizadas. En cuanto al Biarritziense está constituido por margas (Margas de Pamplona) con intercalaciones de niveles calcáreos correspondientes a facies turbidíticas y canalizadas. Por último, los depósitos cuaternarios, de distribución muy irregular, se concentran fundamentalmente en los valles de los ríos Arga y Ulzama.

2.1. MESOZOICO

2.1.1.Cretácico

Aflora exclusivamente en dos pequeños afloramientos situados en las proximidades de Usi, en el sector noroccidental de la Hoja; ambos corresponden a depósitos margosos maastrichtienses.

2.1.1.1. Margocalizas y margas (190). Maastrichtiense

Aparecen como una zona deprimida en el terreno con respecto a los resaltes calcáreos paleocenos. Su espesor no puede determinarse al no aflorar el muro, pero en zonas próximas se han señalado valores cercanos a 200 m. La deficiente calidad de los afloramientos impide dar una descripción detallada de la unidad, que aparece como una monótona sucesión margosa de colores variables, con esporádicas intercalaciones de margocalizas de aspecto Su límite superior es neto, coincidiendo con un marcado resalte carbonatado correspondiente a la unidad 207.

Su depósito se interpreta en un ambiente de plataforma externa abierta que evoluciona en la vertical a un dominio interno. La presencia de *Globotruncana stuarti*, *G. rosseta*, *Rugoglobigerina rugosa*, *Navarella joaquinii* y *Racemigumbellina fructicosa*, ha señalado una edad Maastrichtiense.

2.1.1.2. Margas (189). Maastrichtiense

Afloran fundamentalmente en el ámbito del anticlinal de Etuláin, en general con baja calidad de exposición, pudiendo realizarse sus mejores observaciones en las proximidades del collado de Egozcue. Su límite inferior es gradual, en tanto que el superior tiene carácter neto con respecto a las calizas de la base del Paleoceno.

En los casos en que su espesor ha podido ser determinado, se sitúa próximo a 150 m, aunque hacia el O podría superar 400 m.

La base de la unidad se caracteriza por una monótona alternancia entre margas limolíticas y areniscas, dispuestas en niveles de orden centimétrico a milimétrico. Hacia techo se observa una progresiva dilución de los términos areniscosos a expensas de las margas, que llegan a constituir la única litología presente, con tonos grises característicos. La unidad culmina por medio de un tramo de margas limolíticas de típicos tonos rojizos, posiblemente como consecuencia de procesos edáficos, cuyo espesor no sobrepasa 20 m.

El contenido micáceo de las margas confiere aspecto esquistoso a la unidad, que hacia el O intercala niveles de calizas margosas. Al microscopio, los niveles más compactos aparecen como biomicritas arcillosas, con un contenido micrítico alto (85-90%) y presencia de fósiles (5-10%) y cuarzo (3-6%).

Los niveles basales poseen una clara afinidad turbidítica, con base neta, laminación paralela a muro y ripples de corriente a techo. Los niveles exclusivamente margosos de la parte alta de la unidad han sido atribuidos a un contexto de prodelta, con una acusada somerización de los niveles terminales, como sugieren los enrojecimientos edáficos.

Entre la abundante microfauna hallada, se encuentran *Racemigumbellina fructicosa*, *Globotruncana contusa* y *Rugoglobigerina* sp., que permiten atribuir la unidad al Maastrichtiense superior.

2.1.1.3. Análisis secuencial del Cretácico

Los materiales aflorantes representan tan solo la culminación de la secuencia del Cretácico superior. A lo largo de éste, la región estaba caracterizada por un dominio de plataforma, al O, y un surco turbidítico, al N y E. A comienzos del Maastrichtiense aún se registran ambos dominios en la zona en cuestión, pero el Maastrichtiense superior refleja la progradación de los ambientes de plataforma hacia el NE.

Con ello, los episodios finales se enmarcan en un contexto prodeltaico con acusada somerización de los niveles terminales, como sugieren los enriquecimientos edáficos.

2.2. Terciario

El Terciario de este sector está representado por depósitos marinos con un registro estratigráfico comprendido entre el Daniense y el Biarritziense. Estos materiales constituyen la mayor parte de los depósitos que se pueden observar en esta Hoja.

Se pueden diferenciar cuatro secuencias. La inferior, Daniense - Montiense, está constituida por un conjunto carbonatado en facies de plataforma y talud. Hacia techo se observa otra secuencia, Thanetiense - Ilerdiense, constituida por materiales margosos y calcáreos que representan facies de plataforma. La tercera secuencia está representada por depósitos turbidíticos terrígenos del Grupo Hecho, que intercala ocho megacapas carbonáticas, y sus depósitos transicionales hacia los materiales calco-margosos que constituyen las plataformas carbonatadas desarrolladas hacia el oeste (Fig. 4). Por último una cuarta secuencia está formada por materiales margosos que constituyen el conjunto de las Magas de Pamplona.

2.2.1. Daniense - Montiense

Aparece como un conjunto carbonatado dispuesto sobre los niveles margosos de techo de la serie cretácica, de gran continuidad tanto hacia el E como hacia el O de la región.

2.2.1.1. Calizas y calizas con intercalaciones margosas (207). Daniense - Montiense

Se trata de un típico resalte morfológico, apoyado sobre las margas maastrichtienses. El contacto entre ambos conjunto es muy neto y posee carácter discordante, aunque resulta difícil de observar debido a la naturaleza de la unidad inferior. Por lo que respecta a su límite superior, regionalmente posee carácter erosivo. Su espesor varía entre 50 y 100 m.

A grandes rasgos, la unidad se presenta como un conjunto de calizas bioclásticas grises dispuestas en niveles de orden decimétrico a métrico. Hacia el O, intercala

delgados niveles margosos que acentúan el aspecto tableado de la unidad. El carácter erosivo de la unidad suprayacente hace que se observen importantes variaciones de espesor según las zonas.

En la ermita de San Urbano, próxima al límite de la Hoja, se reconoce un tramo inferior de 8 m de calizas tableadas, con ripples de oscilación y bases netas, apreciándose la presencia de un paquete basal de brechas calcáreas. Por encima, aparece un tramo intermedio con 15 m de brechas calcáreas con finas intercalaciones margosas. El tramo superior, de 48 m, está integrado por calizas tableadas con estratificación cruzada de bajo ángulo y ripples de oscilación, entre los que se intercalan lags de brechas calcáreas y horizontes con nódulos de sílex. En conjunto, se atribuye a un ambiente marginal de plataforma carbonatada, con episodios de borde de talud. En el collado de Egozcue se ha reconocido una sucesión de calizas bioclásticas y calizas margosas en niveles tableados, con estratificación cruzada de bajo ángulo y ripples de oscilación, enmarcándose en un ambiente de plataforma carbonatada.

Son abundantes los restos de Algas, Briozoos y microfauna, entre la que destaca *Cuvillerina vallensis*, *Globigerina trilocolinoides*, *Globorotalia compressa*, *G. trinidadensis*, *Gyroidina cf. gyardana* y *Planorbulina antiqua*, que señalan una edad Monticense. El hallazgo de *Globigerinoides cf. daubjergensis* en sectores próximos (sinclinatorio de San Bartolomé) ha hecho que la unidad se enmarque en el Daniense - Monticense, aunque el Daniense tal vez esté ausente en la mayor parte de los casos como consecuencia de la erosión relacionada con los niveles brechoides montienses.

Los estudios petrográficos han señalado el predominio de micritas y biomicritas, en las que se observa la presencia de fósiles (10-20%) y cuarzo (1-2%), junto al componente micrítico (80-90%).

2.2.1.2. Análisis secuencial del Daniense - Monticense

La sedimentación paleocena supone un cambio notable con respecto al final del ciclo cretácico, cuyas últimas manifestaciones corresponden a margas con posibles rasgos

edáficos. La instalación de la plataforma Daniense, de gran extensión regional, es un evento rápido, como se deduce del carácter neto de su límite inferior. En el ámbito de la Hoja no se aprecia una tendencia clara dentro de la secuencia, pudiendo señalarse únicamente que la sedimentación tuvo lugar en los sectores externos de la plataforma, con esporádicos episodios de talud.

Aunque en sectores orientales de la región el final de la secuencia sobreviene de forma brusca a comienzos del Thanetiense, coincidiendo con la creación de un surco turbidítico alimentado a expensas de los materiales carbonatados de las plataformas precursoras, este hecho no es claramente apreciable en la zona en cuestión, especialmente debido a la naturaleza litológica de la unidad suprayacente (214).

2.2.2. Thanetiense - Ilerdiense

La estabilidad preponderante durante la secuencia del Paleoceno inferior se aborta bruscamente en la vecina Hoja de Olagüe (115-II) coincidiendo con el comienzo de la secuencia Thanetiense - Ilerdiense, hecho difícilmente apreciable en la Hoja, donde persiste la sedimentación carbonatada en un ambiente de plataforma externa.

2.2.2.1. Calizas y margocalizas con intercalaciones margosas (215). Margas (214). Thanetiense - Ilerdiense

Sobre el resalte calizo anterior se dispone un tramo de naturaleza margosa (214) que da lugar a una banda deprimida en el relieve, muy cubierta, de 50-60 m de espesor. Sobre ella aparece un nuevo resalte, integrado por unos 30 m de alternancias rítmicas de calizas margosas blanco grisáceas y margas grises dispuestas en niveles de orden decimétrico (215).

Ya que el conjunto de las unidades 214 y 215 se sitúa entre los materiales carbonatados del Daniense - Montiense y las turbiditas terrígenas cuienses (nivel 218), se considera equivalente lateral de los depósitos de turbiditas calcáreas (213), que aparecen al E de la región. Este hecho, unido a la superposición del tramo

margoso sobre distintas unidades hacia el O, ha aconsejado la representación de su base con carácter discordante.

La presencia de slumps, debris y mud-flow, así como su marco paleogeográfico, sugieren que el depósito de este conjunto tuvo lugar en un contexto de rampa distal carbonatada, con posible intercalación de episodios turbidíticos terrígenos en el nivel inferior (214) y carbonatados en el superior (215).

El hallazgo de *Globigerina triloculinoides*, *Globorotalia angulata* y *G. abundacamerata* ha permitido la asignación de la unidad 214 al Thanetiense; de igual manera, la presencia de *Discocyclina seumesi*, *Globorotalia macknnai*, *G. pseudomenardii* y *Operculina cf. canalifera*, ha señalado la pertenencia de la unidad 215 al Ilerdiense.

Los niveles calizos presentan un elevado contenido micrítico (80-90%), con presencia de fósiles (10-15%) y cuarzo (1-2%), tal como han señalado los estudios petrográficos.

2.2.2.2. Análisis secuencial del Thanetiense - Ilerdiense

A comienzos del Thanetiense, un brusco cambio paleogeográfico condujo al inicio de una nueva secuencia sedimentaria. A lo largo de ella, se aprecia una retirada de la plataforma hacia el O, con creación de un surco turbidítico en los sectores orientales, cuyos aportes procederían de los materiales carbonatados de la plataforma precursora.

En este contexto regional, dentro de los límites de la Hoja, tan solo en el sector occidental se constata la persistencia de los ambientes de plataforma externa con eventual desarrollo de facies de talud, en tanto que al NE de ella, tras un episodio inicial de depósitos desorganizados ligados al talud, se produjo la entrada de aparatos turbidíticos de naturaleza carbonatada, fundamentalmente.

El final de la secuencia, a finales del Ilerdiense, va acompañado por un nuevo cambio en el dispositivo paleogeográfico, implantándose en toda la Hoja un sistema turbidítico cuya naturaleza terrígena refleja una variación de las áreas de aporte.

2.2.3. Cuisiense - Luteciense

Dentro de esta secuencia, se pueden distinguir al menos tres secuencias de menor orden, todas incluidas en el Luteciense. La superior, perteneciente al Luteciense superior, difumina su límite secuencial en el O de la Hoja, entre los depósitos de margas y margocalizas que representan el paso hacia las plataformas carbonatadas situadas más al O.

Los materiales de origen turbidítico se incluyen dentro del Grupo Hecho, en el que existen dos dispositivos principales de sedimentación: los sistemas de turbiditas terrígenas y los olistostromas carbonáticos.

El Grupo Hecho se ajusta perfectamente al modelo de surco turbidítico desarrollado en una cuenca de antepaís, flanqueada en sus márgenes por plataformas carbonatadas. Los sistemas de turbiditas terrígenas se nutren de la erosión de las plataformas deltaicas siliciclásticas orientales, desarrolladas en la cuenca de Tresp-Graus. No obstante, numerosos autores argumentan aportes siliciclásticos de procedencia septentrional. La potencia máxima del Grupo Hecho en Navarra sobrepasa los 3500 m de potencia, si bien no deben considerarse en vertical, debido a la migración del depocentro de la cuenca hacia el sur, como consecuencia del levantamiento del margen septentrional, donde no se conservan por erosión, los depósitos de plataforma carbonatada. El reflejo del desplazamiento de la cuenca hacia el sur se manifiesta en el margen meridional, pasivo, por el retroceso progresivo de las plataformas carbonatadas, a lo largo del Paleoceno y Eoceno.

Los niveles olistostrómicos calcáreos se interpretan como depósitos resedimentados procedentes de plataformas carbonatadas marginales y se originan a partir de eventos sísmicos. Se trata por tanto de niveles uniepisódicos y dada su gran continuidad, constituyen excepcionales niveles-guía desde el punto de vista cartográfico y cronoestratigráfico en todo el surco turbidítico eoceno. Reciben el término de Megaturbidita (MT o MGT) introducido por MUTTI et al. (1979) y LABAUME et al. (1983), o bien de Megacapa (MC o MGC) utilizado por otros autores (RUPKE, 1976; CAMARA y KLIMOWITZ, 1985; BARNOLAS y TEIXELL, 1992, etc).

Recopilando todos los trabajos específicos existentes se puede llegar a contabilizar un total de 12 megaturbiditas carbonatadas intercaladas en el Grupo Hecho (Cuadro 1). No obstante, la numeración más empleada es la propuesta por LABAUME et al. (1983) que considera un total de 9 megaturbiditas (MT1 a MT9). Es destacable la revisión realizada por TEIXELL (1992), que realiza hábiles modificaciones sobre la numeración anterior, proponiendo una nueva clasificación integrada por 8 megacapas (MC1 a MC8), en la que existe una equivalencia numerada directa con las MT2 a MT8 de LABAUME et al. (1983).

El trabajo más moderno es el llevado a cabo por PAYROS et al. (1994) que, a diferencia de los estudios anteriores, centrados principalmente entre Jaca y el Valle del Roncal, se ha realizado íntegramente en Navarra. En este trabajo se distinguen 7 niveles olistostrómicos carbonáticos de nueva nomenclatura, equivalentes tentativamente a los determinados por otros autores en el espacio estratigráfico comprendido entre las MT2 a MT6 de LABAUME et al. (1983).

Existe una notable controversia respecto a la procedencia de las megaturbiditas. Originalmente, LABAUME et al. (1983), SEURET et al. (1989) y CAMARA y KLIMOWITZ (1985), atribuyeron un origen septentrional a los depósitos olistostrómicos carbonáticos, que se originarían a partir del desmantelamiento episódico de plataformas desarrolladas sobre el margen activo de la cuenca, y de las que no se ha preservado registro estratigráfico. Otros autores, como PUIGEFADREGAS et al. (1986), BARNOLAS y TEIXELL (1992) y PAYROS et al. (1992), han argumentado posteriormente la procedencia meridional de las megaturbiditas calcáreas, efectuando algunas correlaciones con las rupturas sedimentarias existentes en las plataformas carbonatadas del margen sur de la cuenca.

En términos generales se aprecia una relación bastante estrecha entre el depósito de las principales megaturbiditas y la reactivación de los sistemas turbidíticos siliciclásticos, de modo que resulta consecuente y práctica la utilización de las megacapas más continuas como límites cartográficos, estratigráficos y secuenciales.

2.2.3.1. Alternancia de areniscas, arcillas y margas (nivel 218). Cuisiense - Luteciense

Constituye la gran masa de materiales sedimentados entre los niveles de calizas y margas (207 y 214) y la megaturbidita 5 (niveles cartográficos 232 a 234), al E, mientras que al O, el límite superior está constituido por turbiditas margosas (235) y los niveles de margas y margocalizas (239).

Litológicamente se trata de una serie alternante de areniscas ferruginosas con contenidos variables de componentes carbonatados, distribuidas en capas de 15 a 20 cm, alternando con arcillas y margas grises. Los mejores cortes de esta unidad pueden observarse en la carretera a Pamplona - Zubiri. La potencia de la unidad es del orden de 500 m en las zonas de máximo desarrollo, acunándose hacia el O.

La microfaua es muy escasa, aunque la presencia de *Globorotalia formosa formosa* y *G. Rex* (BOLLI) ha permitido asignar este tramo al Cuisiense.

Los análisis texturales han determinado un 20% de sílice, 20% de fósiles, 50% de micrita y el resto de micrita recristalizada. El contenido en carbonatos es del orden del 40%.

Sedimentológicamente corresponde a canales turbidíticos, depósitos desorganizados y facies de basin plain - franja de abanico. Hacia el techo aumenta la proporción de pelita con desarrollo de turbiditas diluidas. En la parte alta se incorporan progresivamente, facies de plataforma pelágica con margas calcáreas blancas. La parte inferior, estrictamente turbidítica, puede correlacionarse tentativamente con la unidad de Broto, descrita en Jaca por REMACHA et al. (1985), si bien no se encuentran desarrollados los depósitos de lóbulos, esencialmente areniscosos.

2.2.3.2. Calcarenitas (220). Cuisiense

Este nivel se puede observar en una pequeña cantera al sur de Idoy, en un pequeño afloramiento que se acuña lateralmente, no sobrepasando 1,5 km de extensión, ni 10

m de espesor. Litológicamente se trata de un conjunto de calcarenitas de tonos grises con brechas calcáreas en la base de dimensiones centimétricas y aspecto masivo.

Esta megaturbidita se puede correlacionar tentativamente con los tramos superiores de la Megaturbidita 2 ó de Isaba de LABAUME et al. (1983) y con la Megacapa 2 ó del Collado de la Magdalena descrito por TEIXELL (1992).

La edad de esta megaturbidita es Cuisiense según LABAUME et al. (1983).

2.2.3.3. Calcarenitas (223). Cuisiense

Este nivel aflora de un modo discontinuo en la carretera de Pamplona a Zubiri, en los alrededores de la localidad de Guenduláin. La extensión lateral cartografiable de esta unidad no supera los dos kilómetros, con una potencia máxima de unos 50 m. Litológicamente, se trata de un nivel de calcarenitas de tonos grises, con base erosiva y pequeños niveles de brechas calcáreas en la base.

Esta unidad se puede correlacionar con la MT 3 de LABAUME et al. (1983). PAYROS et al. (1994), describen esta megacapa, denominándola como M.G.C. de Uriz, asignándole una edad cuisense, concretamente a los tramos superiores de la NP-13.

La procedencia de esta megacapa está muy cuestionada; según el criterio de algunos autores, proviene del margen septentrional de la cuenca, mientras que TEIXELL (1992) defiende una procedencia meridional y PAYROS et al. (1994), sugieren un origen suroccidental para todas las megacapas de Navarra.

2.2.3.4. Brechas calcáreas (224). Cuisiense

Esta unidad aflora en el sector oriental de la Hoja, al sur del Monte Maliturri, acuciándose rápidamente, no llegando a aflorar en la carretera de Pamplona a Zubiri. La potencia máxima de este nivel, en el límite oriental de la Hoja es del orden de 50 m.

Está constituido por clastos de calizas margosas y bioclásticas con abundantes Nummulites; ocasionalmente se observan clastos de turbiditas terrígenas y margas, que después de su erosión dan lugar a grandes oquedades. Este nivel constituye el tramo basal de la megacapa que ha sido denominada por PAYROS et al. (1994) como M.G.C. de Espotz, correlacionándola con la MT 4 o de Arce-Garde - Cotefablo de LABAUME et al. (1983).

La edad de esta capa ha sido establecida mediante nannoplancton calcáreo, por LABAUME et al. (1983) en el Valle del Roncal, incluyéndola en la NP-15, es decir en el Luteciense. PAYROS et al. (1994) han datado esta megacapa mediante foraminíferos incluyéndola en la zona de la E. frontosa según la clasificación de ORUE - ETEBARRIA et al (1984), indicando este período como de gran inestabilidad en la cuenca. En este trabajo se ha considerado como edad correcta la establecida por este último autor, incluyendo esta megacapa en el Cuisiense.

La procedencia probable de esta megaturbidita ha quedado establecida como meridional, correlacionándose con la ruptura existente entre la Fm. Calizas de la Sierra de Alaiz y la Fm. Calizas del Acantilado de Echauri, descritos en estas localidades para la cartografía de las Hojas de Cizur y Elorz a escala 1:25.000.

2.2.3.5. Margas (225). Cuisiense

Este tramo se encuentra asociado al nivel cartográfico 43 descrito anteriormente. La potencia máxima observable se localiza en el límite oriental de la Hoja, con unos 50 m, acuñándose hasta desaparecer cartográficamente, aproximadamente unos metros antes que el nivel 224.

Litológicamente está formado por margas con bloques que confieren a esta unidad un aspecto brechoide, distinguiéndose en el campo como un tramo blando.

Este nivel cartográfico se correlaciona con el tramo margoso bréchico de la MT 4 de LABAUME et al. (1983) y con la M.G.C. de Espotz, según PAYROS et al. (1994).

Respecto a su edad, al estar relacionado con el nivel cartográfico 44, se asocia al techo del Cuisiense, siguiendo los criterios de PAYROS et al. (1994).

2.2.3.6. Calcarenitas (226). Cuisiense

Este nivel se encuentra relacionado con los descritos anteriormente y se correlacionan con la MT 4 de LABAUME et al. (1983) y con la M.G.C. de Espotz, según PAYROS et al. (1994). Sus afloramientos se distribuyen por el tercio nororiental de la Hoja, situándose sus mejores afloramientos en la carretera a Zandio y Osacáin. La potencia de este nivel alcanza 50 m en el sector oriental llegando a desaparecer en los alrededores del río Ulzama, en las proximidades de Enderiz.

Litológicamente está formada por calcarenitas de tonos marrones con granoclasificación, observándose estos niveles muy deformados por procesos de deformación hidroplástica.

Respecto a su procedencia y edad, al estar asociado a los niveles cartográficos 224 y 225, se considera que se mantienen los mismos criterios definidos para estas unidades.

2.2.3.7. Calcarenitas (229). Cuisiense - Luteciense

Este nivel aflora al norte de Olave, recorriendo en parte el monte Berrondo, encontrándose incluido entre los materiales que componen el nivel cartográfico 218.

La potencia máxima es del orden de 20 m, acunándose lateralmente tanto hacia el E, no llegando a aflorar en la carretera a Zubiri, como hacia el O, desapareciendo debajo de los materiales aluviales del río Ulzama, a la altura de Enderiz.

Litológicamente está formado por un conjunto de brechas calcáreas muy desorganizadas, con cantos blandos de grandes dimensiones, situados en la base de esta megacapa.

Esta megacapa ha sido estudiada por PAYROS et al. (1994), denominándola como M.G.C. de Berrondo, indicando que el carácter de esta megacapa es local, asignando una edad Cuisiense superior para este nivel, e indicando que según las medidas de poleocorrientes, la procedencia de esta capa es meridional.

2.2.3.8. Brechas calcáreas (232). Luteciense

Esta unidad aflora en la carretera de Pamplona a Zubiri, a la altura de Anchoriz, habiéndose explotado como cantera para áridos de trituración en varias explotaciones situadas en los alrededores de la carretera a Ilúrdoz. El espesor máximo es del orden de 150 m, llegando a desaparecer a la altura del monte Arromendi por acuñamiento lateral. Litológicamente está formado por una brecha de clastos calcáreos de dimensiones centimétricas a hectométricas.

Esta megaturbidita ha sido denominada por PAYROS et al. (1994) como M.G.T. de Antxoritz. Asimismo presenta una razonable continuidad cartográfica con la megaturbidita de Roncal-Fiscal (MT5 de LABAUME et al., 1983).

La edad de esta megacapa ha sido atribuida al Luteciense por LABAUME et al. (1983) en base a su contenido en nummulítidos, incluyéndola en la biozona NP-15 en base a su contenido en nannoplancton calcáreo. PAYROS et al. (1994), sitúan esta megaturbidita en el límite entre el Cuisiense - Luteciense y más concretamente en el techo de la biozona de E. Frontosa. La procedencia de esta megacapa, según estos últimos autores, la sitúan en el SO y su origen podría localizarse en la discordancia existente entre la Fm. Calizas del Acantilado de Echauri y Fm. Calcarenitas de Ibero, definidas en la cartografía geológica de la Hoja a escala 1:50.000 de Pamplona.

Los análisis petrológicos de calizas indican un 5% de cuarzo, un 15% de fragmentos de rocas, un 25% de fósiles, 35% de micrita, y un 20% de arcillas con un contenido en CO₃ Ca del 70%.

2.2.3.9. Margas (233). Luteciense

Este nivel aflora en el Monte Saprincio, con una potencia máxima de unos 20 m, que se acuña lateralmente en los alrededores de la carretera próxima a Ilúrdoz. Litológicamente está formado por margas con bloques calcáreos que confieren a la unidad un aspecto brechoide, como se puede apreciar en la cantera antes citada.

Este nivel cartográfico se correlaciona con el tramo margoso bréchico de la MT4 de LABAUME et al. (1983) y con la M.G.C. de Espotz según PAYROS et al (1994). Respecto a su edad, al estar relacionado con el nivel cartográfico 218, se asocia al techo del Cuisiense siguiendo los criterios de PAYROS et al. (1994).

2.2.3.10. Calcarenitas (234). Luteciense

Este tramo se encuentra unido genéticamente a los dos niveles cartográficos (47 y 48) definidos anteriormente. La potencia máxima de esta unidad es del orden de 30 m, acuñándose hacia el oeste, aproximadamente a la altura del monte Arromendi.

Litológicamente está formado por calcarenitas gradadas, con un 5% de cuarzo, 45% de fósiles, un 25% de micrita y un 25% de micrita recristalizada.

Los estudios de microfauna han determinado: *Globorotalia aff aragonensis*, *Orbitoides cf coniplanatus*, y *Nummulites cf laevigatus* que indican el Luteciense.

Como se ha indicado anteriormente, este nivel constituye el tramo calcarenítico superior de la MT5 de LABAUME et al (1983) y de la M.G.T. de Antxoritz de PAYROS et al. (1994).

2.2.3.11. Alternancia de areniscas, arcillas y margas (218). Luteciense

Se incluyen en este nivel los materiales sedimentados entre la MT 5 y la MT 6 de LABAUME et al. (1983), situándose los mejores puntos de observación en los alrededores del km 11 de la carretera de Pamplona a Zubiri. La potencia de este

tramo es de unos 350 m, pasando lateralmente hacia el oeste a turbiditas margosas. Este cambio se realiza transicionalmente. Litológicamente está formado por un conjunto de turbiditas terrígenas constituidas por una alternancia de areniscas con cemento calcáreo con indicios de glauconita y limolita, distribuidas en bancos de unos 30 cm de espesor y arcillas y margas de color beige. Se han reconocido abundantes depósitos de canales turbidíticos con relleno calcarenítico - areniscoso, intercalados entre facies de basin plain y franja de abanico.

La presencia de *Alveolina frumentiformis*, *Alveolina munieri*, *Alveolina gigantea*, *Asterodiscus stellaris*, *Globigerina boweri*, *Globorotalia bullbrooki* y *Nummulites laevigatus*, señala el Luteciense. Por otro parte, los estudios de nannofauna han determinado, en Hojas próximas a ésta, la presencia de: *Reticulefenestra* sp, *Cocolithus pelagicus* y *C. formosus*, que sólo indican fauna eocena con resedimentación del Cretácico.

Los estudios petrológicos han determinado un 5% de cuarzo, un 45% de fósiles, un 40% de micrita y un 10% de arcillas. En cuanto al contenido de C3Ca es del orden del 60%.

2.2.3.12. Calcarenitas y margas (235). Luteciense

Estos materiales afloran en la mitad occidental de la Hoja, al oeste del río Ulzama, situándose sus mejores afloramientos al oeste de Endériz y en la carretera a Anoz.

El límite con la unidad inferior es transicional, mientras que el superior es erosivo y está marcado por la entrada de unos niveles turbidíticos canalizados; hacia el oeste, estos niveles pasan a margas y margocalizas con slumps. Litológicamente está formado por un conjunto de turbiditas margosas constituidas por calcarenitas distribuidas en bancos de unos 25 cm y margas de tornos claros.

El espesor de esta unidad es del orden de 300 m y ha sido datada como Luteciense por PUJALTE et al. (1994) mediante foraminíferos, concretamente en la zona P-10 con *T. praetopilensis*, *Alveolina stipes* y *Nummulites obesus*.

Sedimentológicamente, este nivel se asocia a turbiditas margosas, situándose concretamente en la zona turbidítica con influencia de los depósitos de talud que acompañan a una plataforma calcárea situada en su margen meridional (rampa distal carbonatada).

2.2.3.13. Calcarenitas y calizas con intercalaciones margosas (236). Luteciense

Este tramo se encuentra intercalado entre el nivel descrito anteriormente, aflorando entre el monte Aldaun y Santa Lucía. Geométricamente tiene forma lenticular, con el máximo espesor localizado en el monte Sarroa y los mejores afloramientos situados en la carretera a Anoz con un espesor de unos 220 m. Litológicamente está formado por un conjunto de calcarenitas y brechas calcáreas con cantos blandos y niveles de margas. La base de este conjunto es erosiva.

Las dataciones efectuadas por PUJALTE et al. (1994) incluyen este nivel en la secuencia deposicional PS-13 con *T. praetopilensis*, *Alveolina stipes* y *Nummulites obesus*, de edad Luteciense.

Sedimentariamente, estos depósitos se situarían en sectores canalizados dentro de un complejo turbidítico calcáreo.

2.2.3.14. Margocalizas y margas (239). Luteciense

Esta unidad aflora en la mitad occidental de la Hoja y constituye el cambio lateral de los niveles 235, 244, 253, 254 y 249 hacia el oeste, es decir, hacia sectores más próximos a la plataforma calcárea suroccidental. Los mejores puntos de observación se sitúan en la carretera a Usi y en el camino a la ermita de San Miguel.

Está formada por un conjunto de calcarenitas areniscosas y bioclásticas, calizas margosas y margas de tonos ocre, distribuidas en capas planoparalelas de unos 15 cm de espesor. El aspecto en campo es el de un flysch con gran cantidad de slumps,

siendo ésta la principal característica de estos niveles. Suelen presentar ripples, laminación paralela y huellas de corriente en la base.

El espesor es muy variable y difícil de calcular, no obstante, es superior a 300 m. Así mismo y teniendo en cuenta las relaciones laterales de este nivel, se puede asignar a estos materiales una edad Luteciense.

Sedimentológicamente, estos niveles se pueden asignar a facies de talud- rampa distal carbonatada.

2.2.3.15. Brechas calcáreas (240). Luteciense

Esta unidad aflora en el sector suroriental de la Hoja, acuñándose rápidamente hacia el oeste. El espesor medio es del orden de 20 m. Litológicamente, está formada por grandes olistolitos sin soporte clástico, con cantos de calizas y margas.

Esta megaturbidita ha sido denominada por PAYROS et al. (1994) como M.G.T. - Zalba y se correlaciona tentativamente con la MT6 de Fago (LABAUME et al. 1983).

La edad de esta megacapa es Luteciense según LABAUME et al (1983), coincidiendo con la asignación realizada por PAYROS et al (1994), en concreto se encuentra en la Zona NP-15, zona de G. subconglobata.

2.2.3.16. Margas (241). Luteciense

Esta unidad aflora en continuidad estratigráfica con el tramo descrito anteriormente. Su potencia media es del orden de 15 m, acuñándose rápidamente hacia el O. Litológicamente está formado por margas con bloques calcáreos, que en campo dan lugar a un tramo blando.

Este nivel cartográfico se correlaciona con el tramo margoso bréchico de la MT6 de LABAUME et al. (1983) y con la MGT de Zalba, según PAYROS et al. (1994).

Respecto a su edad, al estar relacionada con el nivel 55, se asocia al Luteciense, siguiendo los criterios de PAYROS et al (1994).

2.2.3.17. Calcarenitas (242). Luteciense

Este nivel, como los dos anteriores se asocian a la MT6 de LABAUME (1983) o a la MGT de Zalba de PAYROS et al. (1994). El espesor medio de esta unidad es del orden de 15 m y litológicamente está formado por calcarenitas de tonos marrones con granoclasificación y estructuras de escape de agua.

Respecto a la procedencia y edad, al estar asociado a los niveles cartográficos 240 y 241, se considera que se mantienen los mismos criterios definidos para estas unidades.

2.2.3.18. Alternancia de areniscas, arcillas y margas (nivel 59). Luteciense

Afloran en el sector suroriental de la Hoja, situándose sus mejores puntos de observación en la carretera a Zubiri, a lo largo del río Arga. Estos sedimentos corresponden a los depósitos comprendidos entre la MT6 y MT7 de LABAUME, con una potencia aproximada de 700 m. Se distingue de las unidades de turbiditas terrígenas anteriores por la disminución en la potencia de las capas de arenisca y del tamaño de grano, así como por la reducción en la relación arenisca/pelita. Se reconocen facies de basin plain, franja de abanico bastante pelítico y facies de channel-levée. En vertical experimenta una progresiva dilución de depósitos, adquiriendo un carácter muy pelítico.

La presencia en este tramo de la microfauna siguiente: *Nummulites cf aturicus*, *Assilina cf exporens*, *Asterudiscus cf stella*, *Plectina eocenica*, *Karrerrella halkyardi*, *Globorotalia centralis*, *Assilina exponens* y *Catapsidrax echinatus*, indica el Luteciense. Igualmente, los estudios de nannofauna, han determinado: *Reticulofenestra sp*, *Cocolithus pelagicus* (WACLICH), *C. eopelagicus* (BRAMIETTE et

RIEDEL) y *Eiffellithus turdisseffeli* (DEFLANDRE) que marcan el Eoceno con resedimentaciones del Cretácico superior.

2.2.3.19. Calcarenitas y margas (243). Luteciense

Esta unidad aflora en la carretera N-121 a Francia, al norte de Sorauren, con una potencia de unos 200 m. Litológicamente está formado por un conjunto alternante de calcarenitas margosas y margas de tonos marrones, con abundantes niveles de mud-flows y debris-flows. Como estructuras internas, es muy frecuente observar ripples, laminación paralela y huellas de corriente en el muro.

Este nivel se considera cambio lateral del nivel 218 descrito anteriormente, y por lo tanto se asigna una edad Luteciense para este conjunto.

Sedimentológicamente, se asocia a turbiditas calcáreas, caracterizadas como el paso lateral de las turbiditas terrígenas descritos en el nivel 218, hacia las zonas de talud, rampa distal carbonatada.

2.2.3.20. Margas (244). Luteciense

Esta unidad aflora al sur del monte Ostiaco, en las proximidades del caserío Naguiz, considerándose como cambio lateral del nivel 243 hacia el oeste. Litológicamente está constituido por margas ocres con esporádicas pasadas de margocalizas, con una potencia aproximada de 200 m. El aspecto de las margas en campo, es concoideo y masivo, observándose que los niveles de margocalizas se encuentran muy slumpizados.

Sedimentológicamente se asocia a facies de talud - rampa distal carbonatada en su zona externa. Teniendo en cuenta las relaciones laterales de este nivel, se puede asignar a estos materiales una edad Luteciense.

2.2.3.21. Calcarenitas y areniscas bioclásticas (245). Luteciense

Aflora en el sector noroccidental de la Hoja, formando una banda estrecha, de geometría lenticular, que desde el monte Ostiosco, se dirige hacia Belzunce, formando un arco pasando por los montes Santa Lucía e Ybey. Los mejores afloramientos se sitúan a la altura del kilómetro 2 de la carretera de Anoz a Ciáurriz.

Litológicamente, está formado por calcarenitas y areniscas calcáreas bioclásticas, con abundantes cantos blandos y niveles desorganizados. Asimismo se ha observado un nivel con predominio de brechas calcáreas con calcarenitas bioclásticas a techo.

El espesor es del orden de 330 m y según PUJALTE V. et al (1994) han estado, en sus estudios micropaleontológicos, la presencia de Nummulites sp, Discocyclina sp, Soplomorhis sp, Alveolina sp, Gyroidina sp, Rotalia Trochidisformis, que asigna a esta unidad una edad Luteciense.

Este nivel presenta una clara base erosiva con presencia de "debris-mund.flow" y numerosas acumulaciones, representando a sectores canalizados.

2.2.3.22. Brechas calcáreas (246). Luteciense

Este nivel aflora en el sector suroriental, cortándose en la carretera a Zubiri, a la altura de la localidad de Iroz. La potencia de este nivel es de unos 25 m, acuciándose hacia el oeste, no llegando a observarse en la carretera N-121.

Esta megaturbidita ha sido descrita por PAYROS et al. (1994) denominándola M.G.T. de Irotz. Asimismo, se correlaciona tentativamente con la MT 7 ó de Artesa (LABAUME et al., 1983). Litológicamente está formada por brechas arenosas con clastos de calizas bioclásticas y Nummulites sueltos.

Los estudios micropaleontológicos han situado a este nivel en el Luteciense, concretamente en la Zona de G. subconglobata, que se correlaciona con el tramo

medio de la NP-15 (PAYROS et al., 1994). La procedencia de esta megaturbidita se sitúa en el margen meridional y suroccidental.

2.2.3.23. Margas (247). Luteciense

Este nivel aflora en continuidad estratigráfica con el tramo de brechas descrito anteriormente, no llegando a presentar buenos afloramientos. La potencia máxima es del orden de 20 m, acunándose hacia el oeste a la altura de Igulbati. Litológicamente está formada por margas con cantos calcáreos sin que se observe la presencia de grandes bloques.

Este nivel cartográfico, que en el campo da lugar a un tramo de naturaleza blanda, se correlaciona con el tramo margoso bréchico de la MT7 de LABAUME et al. (1983) y con la MGT de Irotz de PAYROS et al. (1994).

Respecto a su edad y procedencia se considera similar a la definida para el nivel 236, al que se encuentra unido genéticamente.

2.2.3.24. Calcarenitas (248). Luteciense

Este nivel constituye el tramo superior definido en la MT7 de LABAUME et al. (1983), con una potencia aproximada de 10 m. Litológicamente está formado por calcarenitas de tonos marrones, con granoclasificación positiva, muy homogénea.

La edad de este conjunto, así como su procedencia es similar a la expresada para los niveles cartográficos 236 y 237, descritos anteriormente.

2.2.3.25. Alternancia de areniscas, arcillas y margas (249). Luteciense

Este nivel aflora en el vértice suroriental de la Hoja, cambiando lateralmente de facies hacia el oeste, pasando a la unidad 253. Está representado por unos 200 m de una sucesión de turbiditas terrígenas formadas por una alternancia de areniscas con cemento calcáreo, arcillas y margas, distribuidas en capas de 10 a 15 cm.

Estos niveles pasan hacia el este a tramos más diluidos formando parte del denominado Irurozqui.

Sedimentológicamente, se encuadran dentro de un sistema de lóbulos turbidíticos que pasan a depósitos de bassin plain - franja de abanico.

La presencia de *Alveolina prorrecta*, *Globigerapsis kugleri*, *Globorotalia centralis*, *Porticula sphaera mexicana* y *Truncorotaloides topilensis*, señala un Luteciense medio - superior.

2.2.3.26. Calcarenitas (252). Luteciense

Aflora en el norte de Sagaseta, constituyendo un pequeño nivel de unos 10 m de espesor, intercalado entre los niveles turbidíticos descritos anteriormente. Este nivel se acuña lateralmente hacia el oeste, hasta llegar a desaparecer, no observándose en la carretera a Zubiri; está formado por calcarenitas de tonos marrones.

Puede representar el tramo calcarenítico superior de la megaturbidita MT 8 definida por LABAUME et al. (1983) o la Megacapa de Embrún - Jaca (TEIXELL, 1992).

La edad de estos niveles se considera Luteciense ya que se encuentra incluida en el término descrito anteriormente.

2.2.3.27. Calcarenitas y margas (253). Luteciense

Constituye el cambio lateral de facies del nivel 249 hacia el oeste, situándose sus mejores afloramiento en la carretera N-121 entre los km 8 y 9. Litológicamente se trata de una alternancia de margas y pelitas grises con niveles delgados de calcarenitas y areniscas margosas de grano fino.

Se le ha asignado una edad Luteciense teniendo en cuenta la relación lateral con el nivel cartográfico 249. La potencia de esta unidad es del orden de 200 m y sedimentológicamente se puede asociar con facies de turbiditas terrígenas diluidas asociadas a un talud-rampa distal carbonatada.

2.2.3.28. Margas (254). Luteciense

Afloran en el cuadrante noroccidental de la Hoja, situándose sus mejores cortes en las proximidades de Anoz y en la ermita de San Miguel. Litológicamente están formadas por margas y pelitas margosas grises, con finas pasadas de areniscas ferruginosas y de calizas margosas. El espesor de esta unidad es muy variable, con una potencia media de 170 m, acunándose rápidamente hacia el E.

Sedimentológicamente estos depósitos se pueden asociar a un talud - rampa distal carbonatada. Los estudios paleontológicos realizados sobre esta unidad, han determinado la presencia de *Alveolina elongata*, *A. fragilis*, *A. fusiformis*, *Nummulites striatus*, *Catapsidrax unicavus*, *Gilobigerina parva* y *Globigerapsis semiinvoluta* que indican el paso Luteciense - Biarritziense.

2.2.3.29. Calcarenitas (255). Luteciense

Este nivel aflora como una estrecha banda localizada al sur de Anoz, en los alrededores de Aldaun. Geométricamente presenta una forma lentejona, elongada en dirección E-O, con un máximo de potencia del orden de 50 m. La base de este cuerpo es canalizada y litológicamente está formada por un conjunto de calcarenitas y brechas calcáreas con cantos blandos.

Respecto a su edad, este nivel se puede observar en el muro del nivel 254; por lo tanto, se asocia al Luteciense.

Sedimentológicamente, este nivel se asocia con depósitos canalizados en un sistema turbidítico.

2.2.3.30. Calcarenitas (256). Luteciense - Biarritziense

Este tramo aflora en el sector suroriental, presentando una gran continuidad lateral. Está formado por calcarenitas cuya potencia máxima es del orden de 15 m, acunándose hacia el oeste hasta llegar a desaparecer, no aflorando en la carretera N-

121. Litológicamente está formado por un conjunto de calcarenitas de tonos marrones y base erosiva.

Este nivel correspondería a una pequeña megaturbidita de carácter local, ya que la MT-9 o de Jaca de LABAUME et al. (1983) no existiría según TEIXELL (1992), siendo equivalente a la MT-8; por lo tanto, este nivel calcarenítico correspondería al tramo superior de una megaturbidita con representación local en la cuenca.

2.2.3.31. Arcillas con niveles arenosos (249). Luteciense - Biarritziense

Esta unidad aflora en el cuadrante suroriental de la Hoja, situándose sus mejores puntos de observación en la carretera a Zubiri y en la carretera a Igualbati. Representa los últimos 300 m de la sucesión de turbiditas terrígenas del Grupo Hecho. Litológicamente está formada por un conjunto de arcillas con pasadas de calcarenitas de pequeño espesor. Se trata de un depósito de turbiditas diluidas que se ha denominado Flysh de Irurozqui.

Estas turbiditas terrígenas están compuestas principalmente por facies de channel levée y de bassin plain - franja de abanico. A techo de esta serie, aflora un tramo de unos 50 m con mayor contenido en capas de areniscas, que se interpreta como depósitos de overbank de canales turbidíticos.

Esta unidad ha sido datada como Biarritziense inferior mediante la siguiente microfauna: *Alveolina elongata*, *A. fragilis*, *A. fusiformis*, *Nummulites striatus*, *Catapsidrax unicavus*, *Globigerina parva* y *Globigerinopsis semiinvoluta*. Igualmente, la unidad ha sido datada como Luteciense en base a la fauna siguiente: *Nummulites cf aturicus*, *Assilina cf exponens*, *Asterodiscus cf stella*, *Plectina eocenica*, *Kerreriella halkyardi*, *Globorotalia centralis*, *Assilina exponens* y *Catapsidrax echinatus*. Los estudios de nannofauna han determinado: *Coccolithus pelagicus* (WALLICH), *Reticulofenestra* sp, *Watznaveria barnesae* (BLACK) y *Coccolithus eopelagicus* (BRAMLETTE), que indican el Eoceno, con resedimentaciones del Cretácico.

La composición mineralógica de estos tramos margosos es la siguiente: minerales de la arcilla (37%), cuarzo (17%), plagioclasa (indicios), calcita (33%), dolomita (10%), hematites (<1,5%), ankerita (2%) y yeso (indicios).

2.2.3.32. Calcarenitas (260). Luteciense - Biarritziense

Aflora en el cuadrante nororiental de la Hoja, formando las elevaciones que se extienden desde Anoz, hasta Belzunce, situándose al este de esta misma localidad los mejores afloramientos de estos materiales. El paso a las margas de la unidad 239, es transicional, con entrada de margocalizas y algún nivel calcarenítico. Litológicamente está formado por un conjunto de calizas grainstone con grandes nummulites y microbrechas calcáreas, observándose cantos blandos y cantos dispersos de limonita y cuarzo, con una potencia visible de 50 m.

Estos niveles presentan bases erosivas y estratificaciones onduladas asociándose a un sistema de plataforma distal en relación con zonas canalizadas de turbiditas calcáreas.

Respecto a su edad, PUJALTE et al. (1994) han determinado: *G. subconglobata*, *Alveolina munieri*, *Nummulites beneharnensis* y *N. gratus*, que indican el Luteciense en paso al Biarritziense.

2.2.3.33. Análisis secuencial del Cuisiense - Luteciense

La mayor parte del relleno del surco Paleógeno se realiza en este intervalo. Volumétricamente la sedimentación de turbiditas siliciclásticas (Grupo Hecho) constituye el principal mecanismo deposicional. Hacia el S y O pueden observarse las relaciones geométricas y evolutivas que el Grupo Hecho presenta con los depósitos generalizados a partir de las plataformas carbonatadas meridionales. Los representantes de la sedimentación carbonatada en el surco turbidítico consisten en olistostromas carbonáticos (megaturbiditas) y depósitos hemipelágicos. Las plataformas carbonatadas se presentan principalmente como depósitos margocalcáreos de rampa distal y talud, con abundantes depósitos desorganizados.

En conjunto muestran una tendencia a la progradación hacia el centro de la cuenca. Obedeciendo a este fenómeno aparecen a techo del conjunto y en situación suroccidental facies de margen de plataforma y de sistemas de barras calcáreas someras (Calizas de Oskía).

Existen dos dispositivos principales de sedimentación en el Grupo Hecho: los sistemas de turbiditas terrígenas y los olistostromas carbonáticos.

En términos generales se aprecia una relación bastante estrecha entre el depósito de las principales megaturbiditas y la reactivación los sistemas turbidíticos siliciclásticos, de modo que resulta consecuente y práctica la utilización de las megacapas más continuas como límites cartográficos, estratigráficos y secuenciales. En este sentido se han seleccionado las MT4, MT5, MT6 y MT7, puesto que constituyen los niveles de mayor continuidad cartográfica y potencia. Las unidades turbidíticas delimitadas a partir de estos cuatro niveles-guía muestran notables diferencias entre sí, a pesar de la aparente monotonía y homogeneidad litoestratigráfica del Grupo Hecho. No obstante, presentan, tanto en conjunto como individualmente, una tendencia en vertical a la dilución del depósito por disminución progresiva del desarrollo de capas de areniscas.

A continuación se describen, agrupadas por subambientes y dispositivos sedimentarios las principales asociaciones de facies que integran el Grupo Hecho. La descripción se realiza de forma ordenada por depósitos de mayor a menor energía.

.Megaturbiditas carbonáticas

Presentan potencias comprendidas entre 10 y 200 m, mientras que su continuidad lateral es del orden de varias decenas de km. La secuencia característica de las megacapas está integrada por tres términos: tramo inferior, constituido por depósitos desorganizados, tramo intermedio de calcarenitas con granoclasificación positiva, y tramo superior margoso.

El tramo inferior registra lateralmente grandes cambios de espesor, llegando a desaparecer en numerosas ocasiones. Constituye el término de transporte en masa de las megaturbiditas mediante flujos gravitativos. En vertical experimenta una disminución de la densidad del depósito, diferenciándose una parte basal de brechas calcáreas y grandes bloques de caliza. Progresivamente pasa a un depósito de soporte de matriz fangosa, incorporando clastos de serie turbidítica y registrando una disminución progresiva en la abundancia y tamaño de los cantos calcáreos. En la parte superior del tramo es frecuente la presencia de grandes bloques calcáreos tabulares dispuestos de forma subparalela a la estratificación. Pese al brusco incremento del tamaño de clasto, la matriz no registra ningún cambio notable manteniendo su naturaleza margosa y la escasez de otros clastos de menor tamaño. Estos bloques aislados se interpretan como fragmentos de plataforma que han viajado cómodamente sobre el depósito de transporte en masa al que no han sido incorporados durante su movilización. Ocasionalmente, se desarrolla un tapiz de microbrechas de potencia centimétrica en la base del tramo. Se asimilan a depósitos de carpet-traction (LABAUME et al. 1983) y actúan como lubricante en el desplazamiento de la megacapa.

El tramo intermedio presenta una potencia mucho menos variable lateralmente que el infrayacente alcanzando espesores de varias decenas de metros. Está constituido por un nivel único de calcarenitas bioclásticas areniscosas, y generalmente incluye en la parte baja abundantes cantos blandos. Registra una disminución granulométrica en vertical que varía de microconglomerado de cantos constituidos por foraminíferos macroscópicos en la base, a tamaño de grano medio-fino en el techo. Presenta normalmente una secuencia de BOUMA completa, con huellas de corriente y de carga en la base, abundantes cicatrices en la parte baja, estratificación paralela de alto régimen de flujo, convolute lamination y cosets de climbing-ripples a techo. Con frecuencia se produce deformación hidroplástica que en algunos casos afecta espectacularmente a todo el tramo, dificultando en buena medida su individualización. Constituye un depósito generado mediante una corriente de turbidez que moviliza una gran cantidad de sedimento.

El tramo superior está representado por margas homogéneas que corresponden al intervalo de decantación de la corriente de turbidez. Su potencia varía lateralmente a causa de su fácil erosionabilidad, llegando a superar la decena de metros.

.Canales turbidíticos

Los complejos de canales turbidíticos están representados por facies canalizadas y depósitos de overbank. Las formas canalizadas constituyen paquetes de potencia métrica a decimétrica de capas calcareníticas y areniscosas amalgamadas que rellenan cicatrices erosivas de continuidad lateral decamétrica a hectométrica. Las secuencias de relleno presentan una tendencia estrato-decreciente. En la base se encuentran capas microconglomeráticas, con abundantes cantos blandos y de foraminíferos macroscópicos, y depósitos desorganizados generados por inestabilidades de los márgenes del canal. El resto del relleno está compuesto por capas de areniscas y calcarenitas de grano grueso a medio con base erosiva y estratificación cruzada de mediana a pequeña escala, siendo frecuentes los fenómenos de deformación hidroplástica. Se diferencian formas de baja sinuosidad, representadas por rellenos con abundantes cicatrices internas y escasa dispersión de las paleocorrientes, y canales divagantes con superficies de acreción lateral muy tendidas y abundantes climbing ripples.

Los depósitos de overbank flanquean las facies canalizadas y consisten en alternancias entre pelitas y capas de areniscas de grano medio a fino con abundantes climbing ripples. Dibujan en conjunto cuñas muy tendidas que se adelgazan a distancia creciente del margen de los canales.

.Depósitos desorganizados

Están generados por la movilización en masa de materiales pertenecientes a la serie turbidítica terrígena. Alcanzan potencias de hasta varias decenas de metros y se reconocen depósitos de slumping, mud flow y debris-flow cuyo desarrollo está en función de la litología movilizada y de la distancia recorrida. Su continuidad lateral es muy variable, alcanzando en algunos casos valores hectométricos.

Se diferencian de los olistostromas carbonáticos por no incluir cantos de calizas y por su escasa organización interna.

.Facies de basin plain y de franja de abanico

Consisten en alternancias rítmicas entre pelitas y capas de areniscas de potencia centí a decimétrica de gran continuidad lateral. La proporción arenisca/pelita es, en general, menor de 1, registrando valores medios de 0.5. Las capas de areniscas presentan secuencias de BOUMA bastante completas y el tamaño de grano varía entre medio y fino.

.Complejos de channel-levée

Junto con las facies de basin plain constituyen los depósitos turbidíticos más frecuentes en la Hoja. Se reconocen como niveles de alternancias entre pelitas, a veces bastante margosas y niveles centimétricos y decimétricos de areniscas o calcarenitas de grano generalmente fino, que presentan abundantes ángulos entre capas. Se diferencia una parte central canalizada, con mayor proporción de capas de areniscas o calcarenitas que rellena una cicatriz laxamente cóncava de longitud deca a hectométrica. A ambos lados del relleno del canal se desarrollan cuñas de alternancias más finas, con capas inclinadas en sentido contrario al eje del canal, definiendo los depósitos de levée. Las capas de relleno de canal presentan secuencias de BOUMA más completas que las de los depósitos de levée, que en muchas ocasiones sólo conservan el intervalo de cosets de ripples.

.Facies de plataforma pelágica

Se reconocen por el desarrollo de capas de margas calcáreas y de calizas muy margosas de color blanquecino intercaladas entre depósitos de apariencia turbidítica. Se interpretaron en un principio como depósitos hemipelágicos (MUTTI, 1977) desarrollados en un contexto de basin plain. Los argumentos principales para considerar la existencia de plataformas distales son: disposición de los depósitos de margas calcáreas preferentemente a techo de los ciclos turbidíticos, organización en

secuencias menores de carbonatación y evidencia de retoques producidos por tormentas. Todo ello parece estar de acuerdo con episodios de colmatación-somerización relativa en el surco turbidítico. Aunque el rasgo distintivo de las facies de plataforma pelágica es la presencia de margas calcáreas, existe una gran diversidad de depósitos. Se reconocen facies turbidíticas muy diluidas representadas por alternancias entre pelitas y niveles centimétricos de arenisca de grano fino con una relación arenisca/pelita muy baja. Los niveles más groseros corresponden a capas decimétricas aisladas de calcarenitas areniscosas bastante ferruginosas de grano medio-grueso a medio fino que presentan Hummocky Cross Stratification (H.C.S) asimilándose a capas de tormenta. Los tramos margocalcáreos se organizan en secuencias de carbonatación decimétricas constituidas en la parte baja por alternancias entre pelitas grises y capas centimétricas de margas calcáreas, que hacia techo se amalgaman y se hacen más carbonatadas. Las capas de margas calcáreas presentan una particular gradación positiva, con base muy neta que a veces incorpora pequeños cantos blandos, laminación paralela y ripples, y techo difuso a causa de un mayor contenido en pelitas. Por lo tanto se trata de depósitos resedimentados, probablemente movilizados por tormentas, descartándose las interpretaciones antiguas que proponían un origen químico o de decantación pura.

Las asociaciones de facies descritas se distribuyen dentro de los ciclos mayores de turbiditas conforme al orden de descripción seguido, marcando una tendencia secuencial somerizante.

.La sedimentación carbonatada. Plataforma y taludes meridionales

A lo largo del Ypresiense terminal y Luteciense, se desarrollan en el margen meridional de la cuenca flanqueando el surco turbidítico. El sistema de plataformas carbonatadas presenta una tendencia progradante hacia el centro de la cuenca, de modo que presentan facies progresivamente más someras en la vertical. Se distinguen cuatro principales agrupaciones de facies:

.Turbiditas carbonáticas

Se encuentran muy bien representadas en el sector de Anoz. Consisten en calizas detríticas alternando en diversa proporción con margas. Individualmente las capas presentan potencias métricas a decimétricas y granoclasificación positiva. En la base son frecuentes los lags de brechas calcáreas y los cantos blandos constituyendo un depósito afín al tipo debris-flow. Los términos superiores de las capas son esencialmente calcareníticos y suelen presentar estratificación paralela de alto régimen de flujo, fluidificación y ripples a techo.

Se organizan generalmente en secuencias estratodecrecientes de orden decamétrico presentando con frecuencia cicatrices internas. Es frecuente la intercalación de niveles con grandes bloques calcáreos algunos de los cuales podrían ser correlativos con las megaturbiditas carbonáticas del surco siliciclástico.

.Talud-rampa distal carbonatado

Son las facies carbonatadas más desarrolladas. Litológicamente consisten en depósitos margocalcáreos con muy frecuentes niveles desorganizados. Se reconocen términos muy desarrollados de slump y mud-flow y alternancias entre margas y calizas micríticas margosas, sin predominio neto entre ambas facies.

.Margen de plataforma

Se reconoce exclusivamente en la parte baja del acantilado de Oskía. Consisten en wackestones y packstones tableados, con gradación textural, que intercalan con frecuencia niveles de debris flow y slumping. No presentan una ciclicidad definida, a excepción del tránsito a facies más someras donde forman parte de secuencias de barras. Eventualmente muestran cicatrices internas muy tendidas de extensión decamétrica.

.Plataforma carbonatada somera

Constituyen la parte media y superior del acantilado de Oskía. Consisten en packstones - grainstones y grainstones - rudstones, organizados en secuencias de

barras y en menor parte de canales. Las secuencias de barras presentan una organización estratocreciente y gradación textural negativa. Las morfologías canalizadas se asocian a bases erosivas laxas y su relleno está constituido por bancos tableados de tendencia estratodecrecientes. Los intraclastos o bioclastos (fragmentos de algas calcáreas o foraminíferos principalmente), constituyen los aloquímicos mayoritarios. Las estructuras tractivas consisten en estratificación cruzada de gran escala, wave - ripples y en menor media HCS, indicando un régimen submareal y de offshore proximal.

2.2.4. Biarritziense

Este ciclo, representado fundamentalmente por litologías blandas, está constituido fundamentalmente por las Margas de Pamplona y el Complejo de Tránsito.

2.2.4.1. Margas, limolitas y calcarenitas (266). Biarritziense

Este nivel aflora en una estrecha banda, localizada entre Cildoz y Maquiriain, en el sector occidental de la Hoja. Litológicamente está formado por un conjunto de margas, margocalizas y algún nivel de calcarenitas, distribuidas en bancos finos, con aspecto noduloso. Se acuña lateralmente hacia el este, alcanzando una potencia de unos 35 m.

Estratigráficamente, este nivel se sitúa en el muro de las Margas de Pamplona, asociándose al Biarritziense, e incluyéndose en las denominadas Capas de Tránsito propuestas por DEL VALLE (1989).

Sedimentológicamente este nivel se asocia a una sedimentación lenta pelágica.

2.2.4.2. Margas (267). Margas de Pamplona. Biarritziense

Este nivel corresponde a las Margas de Pamplona definidas por MANGIN (1959-1960). Se trata de una serie monótona de margas grises nodulosas con niveles centimétricos de calcarenitas. La característica más destacable de estos depósitos es su homogeneidad, observándose esporádicamente fenómenos de slumping y ripples

en los niveles calcareníticos. La potencia de esta unidad es muy variable, con una potencia media de 400-500 m.

Los estudios micropaleontológicos han determinado una gran cantidad de fauna, entre ella: *Textularia recta* CUSHM., *Uvigerina curta* CUSHM., *Pullenia quinqueloba* (REUSS), *Nonion halkyardi* CUSHM., *Gyroidina guayabalensis* COLE., *Ammobaculites tuba* (GUMB), *Plectina eocenica* CUSHM., *Cibicides pseudoungerianus* CUSHM., *Bolivina nobilis* HANTK, *Pseudohastigerina micra* (COLE) y *Globigerina eocaena* GUMB, que asigna a esta unidad una edad Biarritziense.

Los análisis petrológicos de estas margas, presentan un 84 % de minerales de arcilla y calcita, con un 3 % de bioclastos, cuyo tamaño oscila entre 0,05 y 0,5 mm, de microforamíferos, miliólidos y globigerinas. Los opacos representan el 3 % y se presentan en tamaños comprendidos entre 0,02 y 0,25 mm; el cuarzo, un 10 % y tamaños entre 0,05 y 0,07 mm; y las micas, un porcentaje menor al 1 %.

La composición mineralógica de estas margas, ha 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 %, attapulgitita con el 13 % como máximo y ankerita, el 6 % como máximo.

Los ensayos Lugeon han determinado una permeabilidad que oscila entre 0 y 4,39.10⁻⁴ cm/seg.

Sedimentariamente estos niveles se interpretan como pertenecientes a una plataforma externa y constituyen los términos prodeltacios de la Fm. Belsue-Atarés, definida en la zona de Jaca por PUIGDEFABREGAS (1975).

2.2.4.3. Calcarenitas y margas (270). Biarritziense

Este nivel se puede observar la carretera N-121, a la altura de la subestación de Villava. Está formado por un conjunto de arcillas limolíticas y margas grises alternando rítmicamente con areniscas de grano medio a fino. Hacia la parte media de este

conjunto se observan niveles con cantos blandos de limolitas y cantos redondeados de areniscas y calizas, inmersos en una matriz de arena gruesa bioclástica.

La potencia de este nivel es del orden de 85 m, observándose las areniscas muy cementadas por carbonatos, distribuidas en bancos tabulares de potencia decimétrica a métrica. Las capas de areniscas presentan distintos tamaños de grano y secuencias de BOUMA, en general bastante completas. Los niveles areniscosos presentan frecuentemente estructuras de base y geometrías ligeramente canalizadas.

En los estudios faunísticos no se ha encontrado fauna determinativa; no obstante, se les asigna una edad Biarritziense por su posición estratigráfica.

Estos depósitos se interpretan como facies de lóbulos y canales de abanicos submarinos, conociéndose regionalmente bajo la denominación de Flysch de Huarte.

2.2.4.4. Calcarenitas (271). Biarritziense

Este nivel aflora en el cuadrante suroccidental de la Hoja, constituyendo el resalte del monte San Cristóbal, donde se pueden observar sus mejores afloramientos. Litológicamente está formado por un conjunto de calcarenitas marrones distribuidas en bancos grandes, con base erosiva, estratificación ondulada y laminaciones cruzadas.

Este conjunto se encuentra incluido entre las Margas de Pamplona, erosionando los niveles turbidíticos del nivel 270 con una potencia media de unos 200 m, acuñándose lateralmente.

A este nivel, se le ha asignado una edad Biarritziense, ya que se encuentra incluido en las Margas de Pamplona y se puede asociar a depósitos canalizados incluidos en estas margas.

2.2.4.5. Análisis secuencial del Biarritziense

Constituye el conjunto más alto estratigráficamente de la Hoja. Principalmente está representado por depósitos prodeltaicos procedentes de la progradación axial de los sistemas deltaicos terrígenos hacia el oeste (Margas de Pamplona).

En el margen suroccidental se desarrollan sistemas siliciclásticos que progradan tímidamente hacia el norte. Estos sistemas se han denominado durante la cartografía de la Hoja de Pamplona a escala 1:25.000 como Complejo de Tránsito Luteciense - Biarritziense. Se distinguen dos secuencias que se ajustan al modelo constituido por: turbiditas en la base, margas prodeltaicas a continuación y facies de nearshore a techo.

En posición más septentrional se desarrolla un potente conjunto de margas de prodelta cuya homogeneidad se ve únicamente interrumpida por niveles turbidíticos arenoso - calcareníticos, denominados Turbiditas de Huarte y de San Cristóbal. Consisten en Turbiditas densas de grano grueso a fino, con abundantes cantos blandos y eventuales lags conglomeráticos que definen formas canalizadas de varios kilómetros de extensión lateral. Se interpretan como canales turbidíticos y muestran una procedencia septentrional.

La presencia de este intervalo con intercalaciones turbidíticas, permite aventurar su posible correlación con las Turbiditas de Yesa y dividir el conjunto margoso en dos unidades asimilables tentativamente a las Fm. Margas de Larrés y Margas de Pamplona a techo.

2.3. CUATERNARIO

Está escasamente representado, concentrándose sus principales manifestaciones en el valle de los ríos Arga y Ulzama.

2.3.1. Pleistoceno - Holoceno

2.3.1.1. Arcillas de descalcificación (523). Fondos de dolina. Pleistoceno - Holoceno

Se ha diferenciado tan solo un afloramiento correspondiente a este grupo, de reducidas dimensiones, localizado sobre el conjunto calcarenítico con el que culmina el sinclinal de Anoz. Poco puede decirse de él que no sea su morfología moderadamente deprimida y su depósito arcilloso, probablemente inferior a 1 m de espesor. Su edad es difícil de precisar, pero por criterios regionales se ha atribuido al Pleistoceno - Holoceno, si bien podría haber iniciado su génesis en el Plioceno.

2.3.1.2. Gravas, arenas y arcillas (niveles 508, 524 y 525). Terrazas. Pleistoceno - Holoceno

Alcanzan su máximo desarrollo en el sector meridional, en relación con los ríos Arga y Ulzama, habiéndose diferenciado tres niveles de cotas a +3-7 m, +10-15 m y +20-25 m sobre el nivel actual del río. Dan lugar a típicas planicies de escarpes pronunciados.

Corresponden a un conjunto de gravas con bloques abundantes, de naturaleza esencialmente carbonatada (calizas, dolomías, calcarenitas), con representates cuarcíticos y areniscosos; la matriz es arcillo-arenosa de tonos pardos y pardo-rojizos. Aunque su potencia es visible en escasas ocasiones, alcanza 3 m. Pueden observarse estructuras de un medio fluvial de tipo braided, con cicatrices erosivas, imbricaciones de cantos, estratificaciones cruzadas, etc. Por su relación con la red actual se atribuyen al Pleistoceno, si bien el nivel más reciente puede corresponder al Holoceno.

2.3.1.3. Arcillas, gravas y arenas (519). Glacis de cobertera. Pleistoceno - Holoceno

Son afloramientos de reducidas dimensiones localizados en el valle del río Egües y del barranco Basen Sagarrelo, que constituyen formas de enlace entre el fondo de valle y las vertientes adyacentes.

Están constituidos por gravas de calizas, dolomías y areniscas en una matriz arcillo-arenosa, con tonos pardo-amarillentos y espesor comprendido entre 1 y 3 m. El tamaño medio de los cantos oscila entre 4 y 8 cm, si bien se han observado bloques de hasta 20 cm. Se han atribuido al Pleistoceno - Holoceno.

2.3.2.Holoceno

2.3.2.1. Arcillas, arenas y gravas (543). Coluviones. Holoceno

Están constituidos fundamentalmente por materiales arcillosos con abundantes cantos angulosos cuya naturaleza está directamente condicionada por el área madre, predominando los de composición carbonatada. Aparecen como un tapiz superficial cuyo espesor varía entre algunos centímetros y más de 1 m. Aparecen en las laderas de algunos valles asociados espacialmente a los conos de deyección, especialmente en los valles de los ríos Arga y Ulzama. Por su relación con la red fluvial actual se atribuyen al Holoceno.

2.3.2.2. Gravas, arenas y arcillas (536). Conos de deyección. Holoceno

Aparecen relacionados con los valles de los ríos Arga y Ulzama, generándose a la salida de algunos arroyos y barrancos hacia valles más amplios. Pueden presentarse aislados o solapados, cuando los afluentes al curso principal se encuentran próximos entre sí.

Su litología es muy similar a la de los fondos de valle debido a su área madre común; en cuanto a su textura, varía en función de la zona del cono, aunque en general se trata de depósitos heterométricos poco compactados. Por su disposición con respecto a las formas más recientes se atribuyen al Holoceno.

2.3.2.3. Brechas calcáreas (548). Canchales. Holoceno

Están escasamente representados en las proximidades de Endériz. Su litología calcarenítica está directamente condicionada por la del área madre. Su constituyente fundamental son brechas heterométricas que reflejan un escaso recorrido. Su espesor, aunque variable, parece en cualquier caso inferior a 2 m. Se trata de depósitos muy recientes, asignados al Holoceno.

2.3.2.4. Arcillas, gravas y arenas (545). Deslizamientos. Holoceno

Sus manifestaciones se asocian a zonas de elevadas pendientes con litologías alternantes; en algunos casos puede observarse tanto la cicatriz de despegue como el depósito. En general, muestran una acumulación caótica de materiales idénticos a los del sustrato, manteniéndose en algunos casos parte de la estructura original. En general son depósitos muy recientes, asignándose al Holoceno.

2.3.2.5. Gravas, arenas y limos (527). Fondos de valle. Holoceno

Son los depósitos cuaternarios de mayor representación en la Hoja, alcanzando su máximo desarrollo en el valle de los ríos Ulzama y Arga. Están constituidos por un conjunto de gravas de origen carbonatado, cuarcítico y arenoso, en una matriz areno-arcillosa, con un cierto contenido en carbonatos que se acumulan localmente alrededor de los cantos o cementan la base de algunos niveles.

El tamaño medio de los cantos está comprendido entre 5 y 8 cm, con máximos de hasta 40 cm; la abundancia de bloques se debe a la elevada capacidad erosiva de los cursos de agua, como consecuencia del relieve contrastado y las elevadas precipitaciones de la zona. Su espesor, observable sólo en contadas ocasiones, no parece superar 6 m. Se enmarcan en el Holoceno.

2.3.2.6. Depósitos antrópicos (550). Holoceno

En el sector meridional, localizado bajo la influencia de Pamplona, son relativamente abundantes las acumulaciones de materiales debidas a la acción directa del hombre. Se trata de materiales muy heterogéneos, tanto litológica como textualmente, por lo que su descripción deberá realizarse de forma individualizada.

Con frecuencia, sus dimensiones son muy reducidas, si bien al pie del monte San Cristóbal existe una acumulación cercana a 1 km de longitud. Lógicamente, son depósitos actuales por lo que se han incluido en el Holoceno.

3. TECTÓNICA

3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La presente Hoja forma parte del sector occidental de la cadena pirenaica, alineación montañosa que con dirección E-O se extiende desde el Golfo de Vizcaya hasta el Mediterráneo, resultante de la compresión producida entre las placas Europea e Ibérica. Aunque se han realizado diversos intentos de clasificación, una de las más utilizadas es la de MATTAUER y SEGURET (1971), basada en criterios estructurales y estratigráficos, en la que se diferencian: la Zona Axial, constituida fundamentalmente por materiales paleozoicos, dispuesta a modo de eje de simetría de la cadena, dos zonas mesoterciarias despegadas, denominadas Nor y Surpirenaica, y dos antepaíses terciarios plegados.

La cobertera mesozoico-terciaria ubicada al O de la terminación occidental de la Zona Axial es conocida tradicionalmente como Cuenca Vasco-Cantábrica, dividida en tres zonas: Bloque Alavés, Bloque Santanderino y Arco Vasco. El límite entre la Cuenca Vasco - Cantábrica, de características semejantes a la Zona Norpirenaica, y las Zonas Surpirenaica y Axial, viene determinado por la falla de Pamplona, coincidente con la alineación de diapiros navarros, de dirección NE-SO. El diferente comportamiento de los materiales frente a la deformación permite distinguir los siguientes dominios estructurales: zócalo, constituido por los materiales hercínicos; tegumento, formado por los depósitos de las facies Buntsandstein y Muschelkalk; nivel de despegue, integrado por la facies Keuper; y cobertera, constituida por la serie sedimentaria jurásico - paleógena. En general, el zócalo y la cobertera se han deformado independientemente gracias al nivel de despegue triásico, con una deformación mucho más acusada de la cobertera, si bien en la Zona Axial el zócalo también ha sido estructurado e incorporado a las estructuras alpinas.

A grandes rasgos, la zona de estudio se ubica en el sector occidental de la Zona Surpirenaica (Fig. 2), caracterizándose por una serie de pliegues paralelos al eje longitudinal de la cadena pirenaica, vergentes hacia el S. Su estructura resulta bastante simple, al menos al ser comparada con la de sectores próximos, en los que

la presencia de cabalgamientos, diapiros o fallas de zócalo imprimen una gran complejidad estructural. En este sentido, conviene señalar la proximidad de dos importantes accidentes: por un lado, al N se localiza la prolongación occidental del cabalgamiento de Roncesvalles, en tanto que la falla de Pamplona se sitúa al O; ambos accidentes han condicionado sin duda las características tectónicas de la Hoja.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS

Las manifestaciones de la deformación sufrida por el territorio ocupado por la Hoja son de escasa envergadura, reduciéndose a un pequeño número de discordancias, pliegues y fallas.

3.2.1. Discordancias

Atendiendo a su orden cronológico, las principales discordancias de la Hoja son las delimitadas por el muro de los materiales danienses, cuienses y biarritzienses.

El límite Cretácico - Terciario ha sido señalado como una discordancia en algunos puntos de la región, hecho que no es evidente en la Hoja, debido en buena medida a la deficiente calidad de afloramiento de los niveles margosos maastrichtienses; su génesis estaría relacionada con los tradicionales movimientos larámicos, mucho más evidentes en el sector oriental pirenaico.

La existencia de una discordancia relacionada con el paso Montiense - Thanetiense también ha sido señalada en algunos puntos de la región; sin embargo, al menos en la zona, dicho paso va acompañado de una intensa erosión, sin que se haya constatado en ningún caso su carácter discordante, por lo que dicho límite debe ser considerado como una disconformidad.

La discordancia del límite Ilerdiense - Cuiense coincide con la aparición de episodios turbidíticos de naturaleza terrígena. Se trata de una discordancia poco pronunciada, puesta de manifiesto por un ligero cambio en el buzamiento de los estratos infra y

suprayacentes; su génesis está relacionada con los primeros episodios de la orogenia pirenaica propiamente dicha, en la zona.

Durante el Biarritziense se produjo la discordancia más reciente de la Hoja. Aunque no resulta muy evidente, ya que sobre ella se disponen las Margas de Pamplona, es sin duda la discordancia más acusada, observándose con claridad en zonas próximas (Oskía, Ilzarbe, Erice, etc.). Se relaciona con uno de los principales episodios orogénicos.

3.2.2. Pliegues

Aunque se trata de estructuras poco espectaculares, son las más abundantes de la Hoja, incluyendo algunos representantes cuyo eje supera 10 km. En la mitad septentrional poseen una directriz E-O, en tanto que en la meridional adquieren una orientación ONO-ESE.

No presentan una vergencia clara, a diferencia de los pliegues típicos de la región, que presentan vergencias meridionales acusadas, especialmente en las proximidades de la Zona Axial. Entre los representantes más destacados cabe señalar las asociaciones de pliegues paralelos de Sorauren y Sarasíbar, el anticlinal de Olave y el sinclinal de Anoz, que pese a su escasa entidad constituye una de las estructuras más características (Fig. 4).

3.2.3. Fallas

Son muy pocas las manifestaciones de la deformación frágil, tratándose en todos los casos de fallas normales de orientación cercana a ENE-OSO y salto poco pronunciado. De entre ellas, cabe destacar por su longitud, cercana a 7 km, la falla de Sarasíbar.

3.3. CRONOLOGIA DE LA DEFORMACION

La evolución tectónica de la región puede referirse a dos grandes ciclos, hercínico y alpino, el primero de los cuales no está representado en la Hoja. En cuanto al ciclo alpino, está fuertemente condicionado por la fracturación tardihercínica, si bien ésta resulta poco evidente en la Hoja.

Durante el intervalo Estefaniense - Pérmico tuvo lugar una fase de fracturación de escala continental, conocida como etapa tardihercínica y caracterizada por la génesis de desgarres de direcciones NE-SO y NO-SE, si bien esta fase es poco evidente en la Hoja. Entre los accidentes tardihercínicos más destacados en la historia posterior de la región, se encuentran las fallas de Pamplona y Norpirenaica, esta última actuando como límite entre las placas Ibérica y Europea, y desempeñando un papel fundamental en la apertura del golfo de Vizcaya, y como línea transformante durante la deriva de Iberia. En general, los accidentes tardihercínicos constituyen un elemento fundamental durante el posterior ciclo alpino, puesto que su reactivación durante la distensión mesozoica controló la geometría de las cuencas de sedimentación y durante la compresión terciaria actuaron como zonas de debilidad, a favor de las cuales se produciría el desplazamiento de cabalgamientos y desgarres.

A grandes rasgos, el ciclo alpino comprende dos periodos de carácter geodinámico diferente: una larga etapa coincidente con el Mesozoico, en la que la región se encontraba situada en un dominio de divergencia y traslación de placas, con creación de cuencas de sedimentación, y un período más corto, que abarca parte del Terciario, en el que la convergencia y posterior colisión de las placas Ibérica y Europea daría lugar a la génesis del orógeno pirenaico. La historia tectónica de la zona durante el Mesozoico, sólo puede reconstruirse a través de algunos rasgos fragmentarios, entre los que se encuentra la etapa distensiva reconocida a comienzos del Jurásico por el ascenso de magmas basálticos de composición toleítica, que dieron lugar a las masas ofíticas englobadas en los materiales triásicos.

La denominada fase prealbiense (MARTINEZ TORRES, 1989), acaecida en el intervalo Oxfordiense-Albiense, dio lugar a pliegues en un contexto de cizalla sinexra.

La deformación durante este período está relacionada con la apertura del golfo de Vizcaya mediante un proceso de rifting. Las últimas manifestaciones distensivas de esta etapa acontecen en el Albiense, siendo su efecto más evidente la configuración de diversos dominios sedimentarios característicos del Cretácico superior, período caracterizado por la deriva de la placa Ibérica hacia el SE.

A comienzos del Terciario, la región se encontraría situada en el ámbito de una cuenca marina comprendida entre las placas Ibérica y Europea, habiendo finalizado la rotación antihoraria de Iberia con respecto a Europa. Con esta configuración, se produjo el acercamiento definitivo entre ambas placas, culminando con su colisión durante el Eoceno, coincidiendo con la denominada fase pirenaica, si bien el régimen compresivo perduró hasta comienzos del Mioceno.

La estructura alpina de la región es función de la orientación e intensidad de las fases compresivas, la distribución de los accidentes del zócalo y la naturaleza y disposición de los materiales de la cobertera sedimentaria. Así, en el marco de la Hoja, la compresión alpina se refleja exclusivamente por la creación de pliegues de dirección E-O y ESE-ONO, bajo un régimen compresivo de orientación N-S.

Por lo que respecta a la evolución tectónica posterior al Eoceno, poco puede decirse en la zona ante la ausencia de materiales generados durante el intervalo Oligoceno - Plioceno, pero por consideraciones regionales parece probable que la compresión perdurase al menos hasta el Mioceno inferior, siendo su acción más espectacular en la región el desplazamiento de la cuenca de Pamplona hacia el S.

4. GEOMORFOLOGIA

4.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

El relieve de la Hoja de Ansoáin (115-IV) es relativamente accidentado, siendo frecuente un relieve de colinas y cuerdas de mediano desarrollo con una diferencia máxima de cotas que no supera los 550 m. La máxima cota está representada por el monte Ostiascos, con 978 m, y los más bajos se sitúan en el límite sur, en los valles de los ríos Ulzama y Arga, llegando a los 440 m. Dentro de todo el conjunto pueden diferenciarse tres áreas de morfología diferente y son:

-El sector de La Ulzama ocupa el cuadrante noroeste de la hoja y se encuentra al oeste del río que lleva el mismo nombre. Muy influenciado por la estructura, constituye una especie de plataforma elevada o mesa, cuyo techo se sitúa entre 800 - 900 m, con unas vertientes bastante acusadas, aunque no muy incididas por la red fluvial.

-La segunda zona es el cuadrante nororiental, regado por el río Arga, principal río de la región y tributario del Ebro. Presenta una serie de estructuras plegadas, anticlinales y sinclinales, de dirección ONO-ESE, sobre las que la acción fluvial sí ha incidido de forma notable, dando lugar a barrancos acusados con interfluvios agudos y a una serie de crestas de largo recorrido en la dirección de las estructuras y que deja de manifiesto la existencia de las capas más duras. Destacan como cotas más elevadas los montes Aliseto (922 m), Echalaga (851 m), Saprincio (871 m) y Esquiza (742 m).

-Por último, el sector meridional, perteneciente a la Cuenca de Pamplona, posee cotas algo más bajas que los dos anteriores y una morfología más alomada. En la zona suroeste hay que destacar, sin embargo, la existencia de un monte aislado, denominado San Cristóbal, con 895 m, y con una dirección NO-SE, en la misma dirección de las estructuras. Destaca sobre toda la Cuenca de Pamplona, al sur, y sobre los depósitos aluviales del río Arga, muy extensos, que se desarrollan en la contigua Hoja de Pamplona.

La red de drenaje (Fig. 5), como ya se ha mencionado anteriormente, se ordena en torno al río Arga y a su afluente el Ulzama, por la margen derecha. Por la izquierda destacan los barrancos de Arralaka, Andacelay, Aezqueta y Tulimbar. El Ulzama tiene como tributarios a los barrancos de Arganeta, Basem Sagarrelo y Urcopea, por la derecha, y los de Beraiz, Oyanco, Asqueta y Zabaldica, por la izquierda. Existen también una serie de cauces que no desembocan en ninguno de los dos ríos principales, sino que son afluentes del Araquil. Destacan los barrancos de Zubiaga y Elegui.

Climatológicamente, la Hoja de Ansoáin pertenece al tipo climático Mediterráneo Templado, con un régimen de humedad Mediterráneo Húmedo aunque con una cierta tendencia a la continentalidad por su proximidad a zonas de alta montaña, donde se producen precipitaciones de carácter sólido. Datos más concretos se reflejan en el esquema climático que acompaña al mapa geomorfológico. En este esquema se observa que la precipitación media anual está comprendida entre 800 y 1.200 mm, correspondiendo los valores más bajos al sector meridional y los más altos, al septentrional. Las temperaturas medias recogidas de la estación más cercana, Pamplona, arrojan valores que oscilan entre 10 - 12°C, con máximas de 37°C y mínimas de -8°C.

4.2. ANTECEDENTES

Los trabajos geomorfológicos relativos a este sector del Pirineo navarro, son muy escasos por no decir prácticamente inexistentes, aunque sí 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, al menos, nuevos datos sobre las características de los depósitos más recientes, concretamente de edad cuaternaria. 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.

4.3. ANALISIS MORFOLOGICO

En este apartado se consideran dos aspectos fundamentales en todo estudio geomorfológico: uno es de carácter estático de las formas, también denominado morfoestructural, y otro, dinámico. El primero considera la influencia que ejerce en el relieve el sustrato geológico y la disposición del mismo y, el segundo, analiza la importancia de los procesos exógenos sobre dicho sustrato y la importancia de los mismos.

4.3.1. Estudio morfoestructural

En este apartado se intenta dar una idea de cómo el relieve está íntimamente relacionado con la litología de los materiales existentes y la disposición de los mismos.

La estructura de la Hoja consiste en la sucesión de una serie de anticlinales y sinclinales de largo desarrollo, con una dirección preferente NO-SE a ONO-ESE. La alternancia de materiales competentes e incompetentes, da lugar a una erosión diferencial bastante acusada que pone al descubierto los niveles más duros (capas calcáreas megaturbidíticas) que dan lugar a una serie de grandes crestas, de varios kilómetros de longitud, que llevan la dirección de las estructuras. Estas crestas dan escarpes, tanto a un lado como a otro, superiores a 50 m. Destaca, al norte, la que discurre por los montes de Aliseto y Echalaga; en el sector central, destaca la de los parajes de Metua, El Lanzador y el monte Iturrach; al sur, resulta la que da lugar al monte San Cristóbal, destacando fuertemente en el paisaje. En el sector suroeste, las capas competentes dan lugar a una serie de cuevas y hog backs, así como a resaltes de los niveles más duros. En el cuadrante NO, la presencia de un sinclinal de amplio radio, con suaves buzamientos, ha dado lugar a una especie de mesa o plataforma elevada, limitada por fuertes escarpes, en los que se originan desprendimientos y caídas de bloques. Por otra parte, al norte del Cerro San Cristóbal, existen una serie de cerros cónicos, también producto de la erosión diferencial.

Finalmente, la morfología de la red de drenaje es otro de los aspectos que indican la influencia de la estructura y la tectónica en la configuración del relieve actual,

controlando la disposición e importancia de los valles y, por tanto, de las masas elevadas.. En primer lugar, existen dos direcciones que coinciden con las grandes estructuras de plegamiento y son NO-SE y O-E. En general, se trata de cauces pertenecientes a la red menor, pero son de mediano o largo recorrido. Se instalan en los niveles más blandos encajando con gran facilidad. La dirección NE-SO es adoptada por amplios tramos del río Arga y algunos cursos secundarios de pequeño y mediano recorrido. Esta dirección es coincidente con la de algunas fracturas y fallas de la zona, siendo por tanto de carácter tectónico. La última dirección es la N-S y está relacionada con la máxima pendiente regional, es decir con el descenso de cota desde los Pirineos hasta el colector principal, en este caso el Ebro.

Como se puede observar, en la esquina suroeste hay una ausencia de drenaje debido a la presencia del monte San Cristóbal, de paredes tan verticalizadas que el agua meteórica baja por sus vertientes en lámina sin poder incidir en ellas. A grandes rasgos, la morfología de esta red es de tipo dendrítico subangular, muy característica de áreas con una litología muy homogénea o de naturaleza alternante, dispuesta en series monoclinales.

4.3.2. Estudio de modelado

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

4.3.2.1. Formas fluviales

La morfología fluvial reviste especial importancia, pero dentro de ella, es la de carácter erosivo la que domina. La escasez de depósitos es patente, limitándose al fondo de los valles principales y algunos de carácter secundario, donde se reconocen fondos de valle, terrazas y conos de deyección.

Los fondos de valle están constituidos por un conjunto de cantos y gravas de calizas, dolomías, calcarenitas, cuarcitas, areniscas y otros, envueltos en una matriz de naturaleza arcilloso-arenosa. La morfología de estos depósitos en planta es alargada y sinuosa, aunque se intercalan algunos tramos rectilíneos. En general son estrechos, a excepción de los fondos de los dos ríos principales, Arga y Ulzama, donde pueden llegar a alcanzar 600 - 700 m de ancho.

Asociados a los fondos de valle, aparecen los conos de deyección, desarrollados a la salida de algunos arroyos y barrancos, al desembocar en un cauce de rango superior. Son frecuentes en los valles de los principales cauces, donde aparecen además las formas de mayor tamaño. Su forma es muy característica, en abanico, y pueden encontrarse como formas aisladas o solapándose unas con otras cuando en la misma ladera aparecen numerosos barrancos y muy próximos unos a otros. La litología es muy similar a la de los fondos de valle, puesto que proceden del mismo área madre, aunque la textura puede variar de unos conos a otros, e incluso dentro de un mismo caso, pues el tamaño de grano disminuye de la zona apical a la distal. Su génesis es muy probable que sea contemporánea a la de los fondos de valle pues da la impresión en muchos casos de que sus depósitos se interdentan. También es habitual en los valles la asociación lateral de los conos de deyección con coluviones.

En cuanto a las terrazas, se han reconocido tres niveles tanto en el Arga como en el Ulzama, el más bajo desarrollado entre +3 - 7 m y los otros dos a +10 - 15 m y +20 - 25 m sobre el nivel del talweg. Las de mayor desarrollo corresponden al río Arga, pero afloran sobre todo en la vecina Hoja de Pamplona. La morfología que ofrecen en superficie es muy plana y, en aquellos valles estrechos donde el encajamiento ha sido muy brusco, las terrazas pueden aparecer algo inclinadas hacia el cauce. El escarpe suele ser neto y el dispositivo morfológico que presentan suele ser de terrazas solapadas o encajadas para el nivel inferior y el de terrazas colgadas para los otros dos.

Por lo que se refiere a las formas fluviales de carácter erosivo, destaca una importante red de incisión que da lugar a numerosos barrancos en "v". Este acusado proceso de erosión es debido a que este sector pertenece a un área de montaña, próxima a una

gran divisoria y donde las pendientes son muy acusadas, superando en muchos casos el 20%. En estas condiciones, el agua de escorrentía produce fuertes incisiones y entalladuras, dando lugar a una morfología abrupta, donde alternan los barrancos con agudos interfluvios en arista. La existencia de materiales blandos intercalados en otros más duros favorece el desarrollo de estas formas.

En los grandes valles se observan además procesos de erosión lateral en las laderas cóncavas de los meandros, produciendo taludes inestables por socavamiento de la base. Pueden producirse pequeños desprendimientos.

4.3.2.2. Formas de ladera

Se han cartografiado, dentro de este grupo, coluviones, deslizamientos y desprendimientos.

Los coluviones aparecen al pie de las laderas de los principales valles y son originados por la acción conjunta del agua y de la gravedad. En los valles del Ulzama y del Arga aparecen dando una serie de bandas estrechas, alargadas y paralelas a los cauces. En ambos casos se relacionan lateralmente con los conos de deyección.

Los desprendimientos son frecuentes al pie de las grandes crestas por rotura de estos niveles más duros. El resultado es una serie de bloques de gran tamaño que caen a cotas inferiores de la pendiente por pérdida de estabilidad.

Los deslizamientos son también producidos por las altas pendientes y por la presencia de litologías blandas o alternantes. Aparecen por toda la Hoja, pero son más abundantes en el cuadrante NE y en la ladera S del monte San Cristóbal, aunque estos últimos son de menores dimensiones. En muchos de ellos se puede observar con claridad la cicatriz de despegue y la masa deslizada. En general son de carácter rotacional y otros solifluidales como el que aparece al S de Venta de Aquerreta, en el valle del Arga, en cuya lengua se observan los lóbulos de soliflucción. Este deslizamiento es el de mayores dimensiones, con una superficie aproximada de 400 m².

En algunas laderas se observan pequeños movimientos poco definidos pero que indican cierta inestabilidad, producida por la pendiente y la litología. Un ejemplo de ello se localiza en la ladera meridional del Monte Iturrach donde la frecuencia de estos movimientos confieren a la ladera una morfología rugosa, lo que ha llevado a señalarla en el mapa de forma especial.

4.3.2.3. Formas cársticas

La morfología cárstica no alcanza un gran desarrollo en la Hoja de Ansoáin, aunque sí lo hace en Hojas vecinas como la de Irurzun. Aquí se desarrollan las formas menores del carst como los lapiares, con sus pasillos, surcos, crestas, senos, huecos, alveolos, etc., muchas de las veces rellenos por arcillas de descalcificación. También se reconoce alguna dolina, pero de pequeña significación.

Los procesos cársticos se desarrollan muy influenciados por la estructura y la fracturación, puesto que la existencia de líneas de discontinuidad o de debilidad favorecen la penetración del agua y la circulación de la misma dentro del macizo rocoso. A esto hay que añadir el clima, con una estación fría en la que suele haber precipitación sólida, lo que acelera el proceso de disolución debido a la agresividad de las aguas de deshielo. En cuanto al tiempo de actuación de estos procesos no es fácil de precisar pero se supone que hayan podido iniciarse a finales del Terciario o al principio del Cuaternario, siendo, en la mayoría de los macizos, funcionales en la actualidad.

4.3.2.4. Formas poligénicas

Están representadas por los glaciares y una superficie de erosión. El nombre de oligénicas se aplica a todas aquellas formas en las que ha intervenido más de un proceso en su formación.

Los glaciares que aquí aparecen son de pequeñas dimensiones y se concentran en el valle del barranco Basem Sagarrelo, en el cuadrante SO; se forman en ambas laderas y constituyen las formas de enlace entre el fondo de valle y las divisorias adyacentes.

Por la posición que tienen, en relación al cauce, podrían ser del Pleistoceno medio o superior y por su desarrollo y dimensiones son de poca importancia.

En cuanto a la superficie de erosión, tiene una escasa representación, pero en el conjunto de las Hojas limítrofes, adquiere significado. La observación de las cartografías geomorfológicas muestra la existencia de una serie de replanos que seccionan todo tipo de materiales y que se sitúan entre los 700 y 800 m. Estos replanos corresponden a una superficie de arrasamiento a la que se ha denominado Superficie de Erosión Inferior. Se le ha asignado este nombre debido a la existencia de otra superficie que, aunque no aparece en esta Hoja, también lo hace en otras vecinas, desarrollándose entre los 1.000 y 1.100 m y que corresponde a la Superficie de Erosión Fundamental, definida para todo el ámbito de la Cordillera Ibérica por PEÑA et al. (1984) y, en numerosos sectores de la Cantábrica. A esta última superficie se le asigna una edad bastante amplia Vallesiense - Plioceno, pero posiblemente no sobrepase el Turolense, por lo que la superficie que aquí aparece tiene que ser mucho más moderna, pliocena, o quizás traspase el límite del Cuaternario. La ausencia de datos que permitan dar una cronología a estos aplanamientos, dificulta su posición en el tiempo, por lo que sólo es posible asignarles una edad relativa. El único ejemplo aparece en el límite norte de la Hoja, justo entre los valles del Ulzama y del Arga.

4.4. FORMACIONES SUPERFICIALES

Se definen como tales todos aquellos materiales coherentes o no, que han podido sufrir una consolidación posterior, y que están relacionados con la evolución del relieve existente en la actualidad. La característica fundamental es que deben ser cartografiables a la escala de trabajo y estar definidas por una serie de atributos tales como geometría, textura, litología, potencia, y en algunas ocasiones, edad.

Las formaciones superficiales más representativas dentro de la Hoja son las de carácter fluvial, destacando, entre ellas, los fondos de valle. Están constituidos por gravas y cantos de diversa naturaleza, pero principalmente carbonatada, empastadas en una matriz arcillosa - arenosa con un cierto contenido en carbonatos que se

acumulan localmente alrededor de los cantos dando camisas. Otras veces cementan la base de algunos niveles. El tamaño medio de los cantos está comprendido entre 5 y 8 cm y el máximo, observado en campo, es aproximadamente de 40 cm y quizás en algunos puntos puedan superar estos tamaños. La abundancia de bloques se debe a la elevada capacidad erosiva de estos cursos de agua como consecuencia de las diferencias altimétricas y de un clima con altas precipitaciones. Además, la presencia de una estación fría favorece la fragmentación de las rocas y la puesta en movimiento de dichos fragmentos a través de los cauces.

La potencia de estos depósitos no parece superar los 5 - 6 m, siendo a veces muy poco potentes. Los mayores aluviales corresponden a los ríos Arga y Ulzama, quizá con las mayores potencias. La edad asignada a estos depósitos es holocena, por representar la última etapa sedimentaria de la red fluvial actual.

Asociados a estos depósitos aparecen los conos de deyección, sólo representados en los dos principales valles. Son también depósitos de textura granular, heterométrica y poseen un escaso grado de compactación. Litológicamente son similares a los fondos de valle puesto que en la mayoría de los casos tienen un origen común, aunque pueden presentar diferencias locales. Por lo que se refiere al tamaño de grano, existen importantes variaciones dentro del mismo depósito, disminuyendo acusadamente desde la zona apical a la distal. La potencia también varía en el mismo sentido, desde 6-7 m hasta pocos centímetros, siendo algo más potentes los conos de mayor tamaño. Al igual que a los fondos de valle, se les asigna una edad holocena por su relación con los mismos, interdentando sus depósitos en la mayoría de las ocasiones. Algunos de ellos son funcionales en la actualidad.

Las terrazas, aunque no muy frecuentes, alcanzan cierta importancia en los ríos Ulzama y Arga. Se han reconocido tres niveles de terrazas a +3 - 7 m, +10 - 15 m y +20 - 25 m sobre el nivel del talweg. Las observaciones realizadas en el terreno las definen como un conjunto de gravas y cantos con bloques abundantes, de naturaleza principalmente carbonatada, calizas, dolomías y calcarenitas, además de cuarcitas, areniscas y otros. La matriz arcilloso-arenosa es de tonos pardos y pardo rojizos. La potencia, no siempre visible, en algunos afloramientos alcanza aproximadamente 3 m,

no descartándose la posibilidad de que puedan alcanzar valores más altos. Se observan en sus depósitos estructuras típicas de un medio fluvial braided con cicatrices erosivas, imbricaciones de cantos, estratificaciones cruzadas, etc. El tamaño medio de los cantos se sitúa entre 6 - 10 cm, con abundantes bloques. El tamaño máximo, observado en campo, es de unos 40 cm. Como puede verse, sus características son muy similares a las de los fondos de valle, aunque existen algunas pequeñas diferencias. La edad asignada a las terrazas es Pleistoceno superior.

Entre las formas de ladera se describirán sólo los coluviones y los deslizamientos. Los primeros son de naturaleza arcillosa con clastos abundantes, bastante angulosos y en general dispuestos en lechos que indican los diferentes aportes que van dando origen al depósito. Se trata casi siempre de clastos carbonatados, aunque puede variar su litología si cambia la naturaleza del sustrato. La potencia no puede indicarse con seguridad, pues puede oscilar desde un tapiz superficial de pocos centímetros hasta acumulaciones de varios metros. Normalmente se ubican al pie de las laderas y, en este caso en concreto, se trata de las laderas de los valles principales, el Ulzama y el Arga.

Los deslizamientos están caracterizados por una acumulación caótica de materiales, idénticos a los de la roca infrayacente. La masa deslizada no llega nunca a disgregarse totalmente debido a lo corto del transporte, manteniéndose en ocasiones parte de la estructura original. No son de grandes dimensiones a excepción del situado frente a Venta de Aquerreta, en el río Arga. La potencia es muy variable y a veces llegan incluso a desaparecer por erosión de los cauces.

Para finalizar este apartado se describen las características de los glaciares dentro del conjunto de formaciones superficiales de carácter poligénico. Estos depósitos consisten en un conjunto de cantos y gravas de calizas, dolomías y areniscas, cuya proporción varía según la naturaleza del área madre. La matriz es arcilloso-arenosa y ofrece un color pardo-amarillento. La potencia, no siempre visible, oscila entre 1 y 3 m. El tamaño medio de los clastos oscila entre 4 y 7 cm, con un máximo observado en campo de 18 - 20 cm. La edad de estos depósitos se considera del Pleistoceno por su situación con respecto al cauce, algo desconectados de él.

4.5. EVOLUCION GEOMORFOLOGICA

La evolución geomorfológica de la Hoja de Ansoáin se encuentra inmersa dentro de la evolución regional, por lo que siempre hay que enmarcarla en un contexto más amplio, debido a la necesidad de tener puntos de referencia claros, de carácter regional.

Geomorfológicamente no existen en la Hoja puntos de referencia conocidos que puedan servir como base de partida para establecer una evolución de procesos y formas, por lo que es necesario salirse de este ámbito de estudio. En Hojas próximas como la de Cizur (141- I), se reconocen una serie de retazos de una antigua superficie de erosión que, por las cotas a las que se sitúa (900-1.000 m), se sugiere su equivalencia con la Superficie de Erosión Fundamental de la Cordillera Ibérica (PEÑA et al., 1984) a la que se atribuye una edad Vallesiense - Plioceno, aunque por el conocimiento que ya se va teniendo de la misma, algunos autores suponen que no sobrepasa el Turolense. Es decir, a grandes rasgos esta superficie indicaría el final de la erosión y por tanto del relleno neógeno, representado en la mayoría de las cuencas por las "Calizas del Páramo".

Al finalizar la sedimentación terciaria, existe en todas las cuencas un período en el que tienen lugar una serie de procesos edáficos con formación de costras, carsts, etc., que dejan su huella en las calizas terminales de las principales cuencas. Quizás en este período podría integrarse la superficie de erosión que aquí aparece y que se ha denominado Superficie de Erosión Inferior, puesto que es más joven que la superficie de Erosión Fundamental y más antigua que el inicio de la erosión fluvial. Este cambio supone que los grandes ríos, en su proceso de erosión remontante, llegan a las cuencas, capturando los pequeños cauces recién instalados y se inicia la erosión de los mismos con evacuación de los sedimentos fuera de ellas. Este cambio no es sincrónico en todos los puntos de las grandes cuencas, pero sí 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.

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

4.6. PROCESOS ACTUALES

Se reconocen, como en la mayoría de las Hojas del entorno, tres tipos de procesos con funcionamiento actual:

-Erosión fluvial

-Movimientos de ladera (gravedad)

-Alteración química

Dentro de la erosión fluvial uno de los procesos más acusados es el de incisión vertical de la red que ha dado lugar a profundos barrancos, sin depósito alguno, como sucede en algunos tramos de la red secundaria. El hecho de esta intensa erosión se debe a que el área pertenece a un área de montaña, próxima a una gran divisoria, donde se instalan numerosas cabeceras, por lo que dicha erosión va a ser dominante,

al menos en un futuro inmediato. Esta erosión será más o menos intensa dependiendo de los movimientos tectónicos recientes, del nivel de base general y sobre todo de la competencia o incompetencia de los sedimentos.

También se observan procesos de erosión lateral de los cauces en las zonas de meandro de los principales ríos, como el Ulzama y el Arga, en las laderas cóncavas. Cuando tienen una cierta altura pueden producirse pequeños movimientos de caída en las mismas por socavamiento de la base.

Los procesos de ladera son los otros que se manifiestan activos y están representados por las caídas de bloques y algunos deslizamientos. Los primeros se producen a partir de los escarpes del Paleógeno, debido a su gran extensión superficial y a su amplio grado de fracturación. El agua meteórica penetra por las numerosas discontinuidades (diaclasas, grietas, fracturas, planos de estratificación, etc.) provocando la apertura de las mismas, durante la estación fría. Este proceso tiende al aislamiento de los bloques que al estar en una posición de inestabilidad, como sucede en el borde los escarpes, tienden a caer por gravedad, depositándose en cotas inferiores de la vertiente.

Por otra parte, los deslizamientos, aunque no muy abundantes, también constituyen parte de la dinámica actual. La naturaleza blanda o alternante de algunos materiales, unida al clima y a las fuertes pendientes, favorecen la inestabilidad de las masas a deslizar, una vez que el agua meteórica ha entrado por los planos de discontinuidad y se produce un desequilibrio en el sistema.

En cuanto a los procesos de alteración química, destacan los de disolución, responsables del desarrollo cárstico. No son particularmente acusados pero son funcionales todavía en algunos sectores del cuadrante NO.

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

acciones erosivas, con evacuación de los materiales hacia los grandes cursos de agua.

5. HISTORIA GEOLOGICA

El presente capítulo pretende dar una visión generalizada de la evolución paleogeográfica del sector abarcado por la Hoja a escala 1:50.000 de Ansoáin (115), dentro de la cual se encuentra localizada la presente Hoja a escala 1:25.000 de Ansoáin. Para ello, se ha prestado especial atención a los eventos tectónicos principales y a los ciclos sedimentarios de mayor envergadura que afectan a la región. A grandes rasgos, la historia puede referirse a dos ciclos orogénicos principales: hercínico y alpino.

5.1. EL CICLO HERCINICO

El registro aflorante más antiguo se remonta al Carbonífero, durante el cual la región estaba afectada por episodios turbidíticos correspondientes al depósito de la Fm. Olazar, alimentados a partir del desmantelamiento de las plataformas namurienses. El primer proceso de estructuración a gran escala sobrevino a finales del Carbonífero, durante la fase astúrica de la orogenia hercínica, cuyo principal resultado es la generación de sistemas de plegamiento y cabalgamiento de directrices NO-SE a N-S, observables en el macizo de Quinto Real.

5.2. EL CICLO ALPINO

El denominado período tardihercínico, acaecido en el intervalo Estefaniense - Pérmico, constituyó un episodio de envergadura continental fundamental para la evolución posterior, correspondiente al ciclo alpino. Los desgarres generados, de direcciones NE-SO, NO-SE y E-O, controlaron la geometría de las cuencas de sedimentación mesozoicas y más tarde, durante la compresión terciaria, actuaron como zonas de debilidad a favor de las cuales se produjeron los desplazamientos de cabalgamientos y desgarres. Entre dichos accidentes se encuentran las fallas de Pamplona y Norpirenaica, esta última actuando como límite entre las placas Ibérica y Europea.

La estructuración tardihercínica configuró la región como una serie de horsts y grabens paralelos a los accidentes principales. El relleno sedimentario de los surcos dio comienzo por las zonas más deprimidas, durante el Pérmico y su progresión en la vertical aumentó paulatinamente el área sedimentaria, favoreciendo una disminución energética, como sugieren los depósitos fluviales y aluviales de la facies Bustsandstein, que constituyen el primer representante del ciclo alpino en la Hoja.

Tras este episodio, la región habría sido nivelada y un ascenso relativo del nivel del mar propiciaría la instalación de una plataforma carbonatada somera en la que se produjo el depósito de la facies Muschelkalk (107). El retroceso marino del Triásico superior permitió la creación de una extensa llanura costera en un ambiente de gran aridez, con característicos depósitos de evaporitas atribuibles a la facies Keuper (109).

Los procesos que tuvieron lugar en el intervalo Triásico terminal - Albiense tan solo pueden ser reconstruidos a partir de los afloramientos de la sierra de Aralar, ante la ausencia de registro en el macizo de Quinto Real, sin que pueda asegurarse si dicha ausencia se debe a falta de depósito o a la acción de procesos erosivos posteriores.

En cualquier caso, al menos en el sector de Aralar, a finales del Triásico se produjo un nuevo avance marino con el que tuvo lugar la instalación de una plataforma marina, característica de la sedimentación jurásica. En primera instancia son típicos los medios restringidos y salobres, con formación posterior de brechas de colapso, que darían paso a ambientes carbonatados someros, aún en el Lías inferior (113). La homogeneidad de la plataforma se perdió en el Sinemuriense, debido a un proceso de fragmentación posiblemente relacionado con el ascenso de magmas andesítico-basálticos, cuyo emplazamiento a favor de los niveles plásticos de la facies Keuper generó las típicas masas ofíticas de la región (1).

Tras la ruptura de la plataforma, un impulso transgresivo provocó la instalación de ambientes de plataforma externa durante el resto del Lías (114), iniciándose a partir del Dogger una secuencia regresiva caracterizada por sedimentación en condiciones de plataforma interna (115), con progradación de facies proximales (125), secuencia que perduró, aunque con interrupciones, hasta el Kimmeridgiense. No obstante, ya a

finales del Dogger o comienzos del Malm, se inició un nuevo proceso de estructuración regional, prolongado durante parte del Cretácico inferior, puesto de manifiesto mediante movimientos distensivos, relacionados con el proceso de rifting del golfo de Vizcaya y el comienzo de la deriva de la placa Ibérica hacia Europa.

Dicha estructuración coincide con los tradicionales movimientos neokiméricos, erigidos como protagonistas principales de la evolución paleogeográfica hacia el O de la cuenca Vasco-Cantábrica durante el tránsito Jurásico - Cretácico, pero no así hacia el sector de Aralar donde los cambios eustáticos adquirieron una influencia mayor. En este contexto, a lo largo del intervalo Portlandiense - Berriasiense se produjo el depósito de la facies Purbeck bajo condiciones salobres con cierta influencia continental, dentro de una secuencia transgresiva culminada en el Valanginiense inferior con el depósito de facies carbonatadas en un ambiente de lagoon (126).

La fase neokimérica más tardía, intravalanginiense, coincidió con el inicio de un evento regresivo caracterizado por el depósito de la facies Weald (128), en un contexto salobre con fuerte influencia continental, finalizado en el Barremiense.

El Aptiense marcó el comienzo de una importante transgresión, mediante la instauración de condiciones marinas someras con aportes detríticos (139), que al disminuir permitirían la construcción de los arrecifes urgonianos característicos del dominio de Aralar (133). Por contra, al N y E de la plataforma urgoniana, la sedimentación tuvo lugar en una cuenca subsidente, mediante episodios de naturaleza turbidítica cuyo resultado son las potentes sucesiones de margas micáceas negras (140) características del dominio de La Ulzama.

La deriva antihoraria de Iberia con respecto a Europa tuvo su principal reflejo durante el Albiense, con la denominada fase austriaca que dio lugar a una nueva reestructuración general. Su principal efecto es la elevación de los macizos paleozoicos, con una distribución próxima a la actual; como consecuencia de una tectónica de bloques y, tal vez, el ascenso diapírico de los materiales plásticos de la facies Keuper, la cuenca quedó compartimentada por una serie de umbrales cuyas manifestaciones más evidentes son los anticlinorios de Lizaso y Echalecu.

En el sector de Aralar se produjo una invasión generalizada de terrígenos que determinó la muerte de los arrecifes, en tanto que el área de cuenca se transformó en un surco alimentado por episodios turbidíticos; esta distribución con una plataforma hacia el SO y un surco turbidítico al N y E, se vio completada con la presencia del macizo de Quinto Real como un relieve emergido al NE, haciéndose sentir por sus descargas terrígenas (135) a la cuenca, caracterizada aún por el depósito de materiales margosos.

La plataforma, fundamentalmente carbonatada, evolucionó en función de las oscilaciones del nivel eustático. La sedimentación se mantuvo en un contexto de plataforma interna (niveles 154, 158 y 161), si bien los máximos transgresivos del Turoniense (156) y Campaniense (186) propiciaron el retroceso de las zonas más externas de la plataforma.

Simultáneamente, en el dominio del surco predominaron los depósitos de naturaleza turbidítica (niveles 166, 167, 185, 187, 184 y 191), si bien la tendencia regresiva general del Cretácico superior dejó sentirse a finales del Maastrichtiense, al uniformizarse la sedimentación de margas de plataforma en toda la zona (niveles 190 y 189), e incluso desarrollarse rasgos edáficos.

A comienzos del Terciario, la deriva de la placa Ibérica con respecto a Europa, habría provocado la colisión de ambas en el sector NE peninsular, habiendo comenzado a configurarse el sector oriental del orógeno pirenaico.

Sin embargo, en el sector occidental, aún no habría comenzado la estructuración pirenaica propiamente dicha, con presencia de un surco turbidítico abierto hacia el NO entre ambas placas, flanqueado por plataformas carbonatadas. En este contexto, el registro Daniense de la Hoja está caracterizado por depósitos calcáreos de plataforma (207), reconociéndose episodios de talud; hacia el O se reconocen facies de alta energía y depósitos arrecifales de tendencias somerizantes.

A finales del Montiense se produjo una independización de los dominios vasco-cantábrico y pirenaico, caracterizados por ambientes de plataforma (niveles 215 y 214)

y cuenca turbidítica, respectivamente, de modo que la evolución sedimentaria posterior estuvo condicionada por los avances y retrocesos de la plataforma. Con este dispositivo, el relleno del surco turbidítico durante el Thanetiense - Ilerdiense tuvo lugar a expensas de los materiales procedentes del desmantelamiento de las plataformas carbonatadas del Paleoceno inferior.

Con el Cuisiense se inició un nuevo ciclo, caracterizado por la llegada de materiales terrígenos al surco turbidítico, procedentes de plataformas siliciclásticas orientales, que reemplazaron los aportes carbonatados previos. Estas turbiditas terrígenas, conocidas en la literatura regional como Grupo Hecho, implican una ampliación del surco (nivel 218) y reflejan cierta actividad tectónica, posiblemente con reactivación de algunos diapiros generados durante el Cretácico (Anoz, Iza,...); en relación con la ampliación del surco, tuvo lugar el evidente retroceso de la plataforma hacia el O, así como la erosión parcial de la plataforma ilderdiense.

El dispositivo anterior se mantuvo durante el Luteciense, destacando únicamente la génesis de eventos megaturbidíticos en el seno del Grupo de Hecho, que permitirían la individualización de varias secuencias de menor rango en la zona de surco. Estas secuencias menores estarían representadas en el ámbito central de la Hoja por diversos avances y retrocesos de la plataforma, dentro de una tendencia global regresiva (niveles 237, 239 y 254).

En las proximidades del límite Luteciense - Biarritziense se produjo una nueva homogeneización de buena parte de la zona, como consecuencia del máximo avance de los ambientes de plataforma hacia el E (260). Ya en el Biarritziense, el esquema anterior cambió ostensiblemente, a consecuencia del hundimiento de la plataforma, estableciéndose una típica sedimentación margosa en la cuenca de Pamplona; posiblemente, este nuevo cambio paleogeográfico estaría relacionado con una etapa de actividad tectónica, precursora de las fases principales de estructuración de la cordillera pirenaica occidental.

La ausencia de depósitos terciarios posteriores al Biarritziense en la Hoja impide establecer una secuencia precisa de acontecimientos, aunque el conocimiento de

sectores próximos a ella, permite señalar a grandes rasgos los principales acontecimientos ocurridos. Así, a finales del Eoceno, la compresión pirenaica, manifestada en el sector de Aralar por la creación de estructuras vergentes hacia el N, provocó la retirada del mar hacia el NO, favoreciendo en la cuenca de Pamplona la instalación progresiva de lagunas costeras, caracterizadas por depósitos evaporíticos y, finalmente, ambientes continentales que perdurarían hasta la actualidad.

En el Oligoceno, bajo un régimen continental generalizado, tuvo lugar una nueva fase compresiva, caracterizada por sus vergencias meridionales, con importantes aloctonías, algunas de ellas evidentes en la Hoja, entre las que se encuentra el desplazamiento de la cuenca de Pamplona.

El aspecto que ofrece la región en la actualidad es el resultado de los procesos de modelado cuaternarios sobre la estructura alpina del orógeno pirenaico, culminada durante la compresión miocena. De entre dichos procesos destacan el encajamiento de la red fluvial, articulada fundamentalmente en torno al río Arga, y, en menor medida, los procesos de gravedad asociados a las vertientes.

6. GEOLOGIA ECONOMICA

6.1. RECURSOS MINERALES

No existe en la actualidad signo alguno de actividad minera en el ámbito de la Hoja de Ansoáin (115-IV), que no parece haber sido objeto de excesivo interés tampoco en el pasado, habiéndose detectado tan solo una serie de antiguas explotaciones de rocas industriales, sin evidencia alguna de actividad relacionada con minerales metálicos o sustancias energéticas.

6.1.1. Minerales y rocas industriales

Se incluyen en el presente apartado las 9 canteras abandonadas que se han reconocido, correspondientes en todos los casos a calizas.

6.1.1.1. Caliza

Se trata también de la sustancia con más evidencias de aprovechamiento en el ámbito navarro. La envergadura de las nueve canteras abandonadas es variable, siempre dentro de dimensiones medias o pequeñas. Los niveles beneficiados son fundamentalmente materiales calcareníticos y calizos incluidos entre las megaturbiditas lutecienses; también son típicas las ubicadas en los canales calcareníticos del monte San Cristóbal, de edad Biarritziense.

Su utilización estuvo enfocada hacia el campo de la construcción fundamentalmente, con varios tipos de usos. En los últimos años, la explotación ha sido parcialmente sustituida en la región, por otras sustancias que ofrecen ciertas ventajas según los casos (ofitas y gravas calcáreas, fundamentalmente). Pese a ello, la representación superficial y volumétrica de los materiales calizos y su necesidad específica en algunos casos, hacen pensar en un posible aprovechamiento futuro, tal como ocurre en zonas próximas.

6.1.2. Interés potencial de los recursos minerales

Las sustancias que presentan unas posibilidades futuras más evidentes en la Hoja son calizas y margas. Las calizas, presentan un gran demanda dentro del campo de la construcción por lo que su demanda para solucionar problemas locales parecen probable, a pesar de su reducida superficie de afloramiento. Por el contrario, las margas presentan una amplia representación superficial, pese a lo cual no existe signo alguno de aprovechamiento, el más frecuente de los cuales es el relativo a la elaboración de cemento.

6.2. HIDROGEOLOGIA

Hidrológicamente, la Hoja pertenece a la Cuenca del Ebro, situándose en el sector septentrional de la misma.

El régimen de humedad oscila entre el tipo Húmedo y Mediterráneo Húmedo y en cuanto al régimen térmico es de tipo Templado Cálido. La combinación de estos parámetros permite determinar para esta zona, según PAPADAKIS, un clima que oscila entre Marítimo Cálido y Mediterráneo Templado, con una temperatura media anual comprendida entre 10°C y 14°C y una precipitación media anual que oscila entre 800 mm y 1200 mm. La evapotranspiración potencial, según THORNTHWAITE oscila entre 600 y 750 mm, mientras la evapotranspiración real oscila entre 580 y 620 mm.

La red hidrográfica se articula en torno al río Arga, en el que se registra una aportación anual de 227 hm³ en Huarte. En cuanto a su afluente, el Ulzama, su aportación anual es del orden de 267 hm³ en Olave; entre sus afluentes, el Arquil por la margen derecha, aporta 31 hm³ y el Mediano, por la margen izquierda, 68 hm³.

En la zonación hidrogeológica realizada en el Proyecto Hidrogeológico por la DIPUTACIÓN DE NAVARRA, esta zona se encuentra incluida en su mayor parte en la Unidad de Pamplona - Ochagavía.

6.2.1.Descripción de las formaciones

En el presente apartado se realiza una breve descripción de las formaciones diferenciadas en la cartografía hidrogeológica desde el punto de vista hidrogeológico. Básicamente se atiende a tres criterios fundamentales: litología, geometría y permeabilidad.

6.2.1.1. Arcillas, margas con intercalaciones de calizas margosas y areniscas

Esta unidad está constituida por los niveles cartográficos 190 y 189 aflorantes en el vértice noroccidental. La característica común de todos estos niveles es su naturaleza arcilloso-margosa, dando lugar en general a afloramientos de mala calidad. Como se ha indicado anteriormente, se trata de un conjunto de arcillas y margas con intercalaciones de niveles areniscosos o de calizas margosas.

Hidrogeológicamente, el conjunto de esta unidad se considera de permeabilidad baja a muy baja, estimando que las intercalaciones de materiales más permeables, de pequeña extensión y espesor, no modifican sustancialmente esta valoración.

6.2.1.2. Calizas y margas. Daniense - Ilerdiense

Este tramo comprende los niveles cartográficos 207 y 215 aflorando en el vértice noroccidental de la Hoja. La unidad 207 está constituida por un conjunto de calizas y calizas bioclásticas de aspecto tableado, dispuestas en capas de orden decimétrico con un espesor de unos 50 m; el nivel 215 está constituido por 30 m de alternancia entre calizas y margas. Hidrogeológicamente, se considera a esta unidad como de permeabilidad media - baja ya que existe una gran cantidad de niveles margosos intercalados, pueden llegar a formar un pequeño acuífero constituido fundamentalmente por los tramos calcáreos basales.

6.2.1.3. Margas. Thanetiense

Esta unidad está constituida por el nivel 214 de la cartografía geológica, intercalándose entre los niveles calco-margosos descritos anteriormente. Litológicamente está formada por una serie de margas con intercalaciones centimétricas arenosas. Su potencia es del orden de 50 m.

Hidrogeológicamente, se considera de permeabilidad baja a muy baja.

6.2.1.4. Margas, arcillas con intercalaciones de areniscas y calcarenitas. Cuisiense - Luteciense

Esta unidad está constituida por los niveles constituidas por materiales de naturaleza margosa y arcillosa, con pequeñas intercalaciones de calcarenitas y areniscas, que confieren a este tramo un aspecto rítmico. La potencia de este conjunto es del orden de 3.000 m, presentando un límite inferior erosivo sobre las calizas del Paleoceno, e incluyendo los niveles calcáreos que se describen a continuación.

Hidrogeológicamente se ha considerado de permeabilidad baja en función de los niveles margosos y arcillosos impermeables que posee este tramo.

6.2.1.5. Calcarenitas y brechas calcáreas. Cuisiense - Luteciense

Se encuentran incluidas dentro de los niveles margosos descritos anteriormente y comprende los niveles de calcarenitas y brechas calcáreas. El límite inferior de estas unidades es erosivo y está constituido por brechas calcáreas, con clastos de calizas margosas y bioclásticas que pasan a techo a niveles de calcarenitas y en general forman los niveles de megaturbiditas que constituyen el Grupo Hecho. El espesor de estos niveles es muy variable llegando a alcanzar en su conjunto potencias del orden de 200 m, acunándose lateralmente hacia el oeste, hasta llegar a desaparecer.

Presentan una permeabilidad media - alta por fisuración y carstificación, mostrando una gran importancia en el sistema hidrogeológico, induciendo el transvase entre los distintos cursos fluviales que cortan estos niveles calcáreos.

6.2.1.6. Margas. Cuisiense - Luteciense

Este nivel está constituido por los tramos cartográficos margosos, que se encuentran incluidos entre los niveles calcáreos descritos anteriormente, independizando hidráulicamente en algunos sectores los tramos calcáreos que componen las megaturbiditas. Litológicamente está constituido por margas con bloques calcáreos que confieren a la unidad un aspecto brechoide.

Hidrogeológicamente se considera a este tramo con permeabilidad baja, en función de los niveles de brechas calcáreas que poseen, llegando en algunas ocasiones a confinar o al menos a variar los parámetros hidráulicos del conjunto de los acuíferos calcáreos descritos anteriormente.

6.2.1.7. Calcarenitas, calizas y areniscas. Luteciense

Este tramo comprende los niveles cartográficos 236, 245 y 2550 separados por tramos de litología margosa con intercalaciones calcareníticas y de permeabilidad baja. Geométricamente, estos niveles presentan formas lenticulares. La base de estas unidades es erosiva, tratándose de un conjunto de calcarenitas y brechas calcáreas con algún nivel de margas, como corresponde a niveles canalizados.

Hidrogeológicamente se ha considerado a estos materiales de permeabilidad media - alta por fisuración y carstificación.

6.2.1.8. Margas, margocalizas y calcarenitas. Biarritziense

En esta unidad se agrupan las formaciones de litología predominantemente margosa, Los niveles 266 y 270 alternan con niveles de calcarenitas y margocalizas de pequeño espesor y se encuentran intercalados entre el nivel 267 que constituye la gran masa de estos sedimentos (Margas de Pamplona). Estas margas están formadas por una serie monótona de margas grises de potencia considerable, con intercalaciones centimétricas de calcarenitas y limolitas, aunque en algunos sectores estos niveles

pueden presentar un aumento de potencia, número y extensión de las mismas. La potencia media estimada para esta unidad oscila entre 400 y 500 m.

Para todo este conjunto se ha estimado una permeabilidad baja-muy baja, dado el predominio de materiales margosos. Puntualmente presentan intercalaciones de niveles areniscosos y calcareníticos, que pueden llegar a alcanzar cierta permeabilidad en niveles superficiales.

6.2.1.9. Calcarenitas, calizas y margas. Luteciense - Biarritziense

El nivel 260 está formado por un conjunto de calizas y brechas calcáreas con grandes nummulites. Los niveles 262 y 264 están formados litológicamente por calcarenitas, variando su potencia y posición estratigráfica. El nivel 262 se puede observar a techo de la Sierra de Sarvil con espesores del orden del centenar de metros, formando parte del acuífero de la Sierra de Urbasa, mientras que el nivel 269, con una potencia máxima de unos 40 m, y geometría lenticular, se encuentra incluido entre margas.

Los afloramientos de estos materiales calcáreos presentan una carstificación bien desarrollada que confiere una alta permeabilidad al conjunto, siempre condicionada por la anisotropía en dirección de los conductos cársticos. La permeabilidad también aumenta en las zonas fisuradas.

6.2.1.10. Calcarenitas. Biarritziense

Esta unidad hidrogeológica comprende el tramo 271 de la cartografía geológica. Está formada por un conjunto de calcarenitas marrones con una potencia aproximada de unos 200 m, acuñándose lateralmente hasta llegar a desaparecer entre los niveles de Margas de Pamplona que confinan este acuífero.

Hidrogeológicamente se estima para este tramo una permeabilidad media-alta por fisuración y carstificación; no obstante, ésta varía en función del grado de fracturación que posean, aumentando en las zonas más fisuradas.

6.2.1.11. Cuaternario. Formaciones superficiales

Está representado fundamentalmente por los depósitos de carácter fluvial constituidos por los sistemas de terrazas, entre los que se han reconocido tres niveles formados por un conjunto de gravas y cantos de naturaleza calcárea y cuarcítica. La permeabilidad de estos materiales es media - alta, debido fundamentalmente a su porosidad intergranular.

Los fondos de valle presentan una litología similar a la descrita para los niveles de terraza, aunque en algunas ocasiones presentan una gran abundancia de limos. Hidrogeológicamente se considera la permeabilidad de estos niveles media - alta, predominando la permeabilidad media cuando las facies lutíticas aumentan su proporción.

Los conos de deyección son frecuentes en la salida de los barrancos y arroyos que fluyen a un cauce de rango superior. Su litología es similar a la de las terrazas, pero con mayor abundancia de material detrítico fino que rellena los huecos entre cantos; por lo tanto, se ha considerado para ellos, una permeabilidad media - baja.

Los coluviones, deslizamientos, glaciares, canchales y materiales antrópicos, están formados por acumulación de materiales al pie de los relieves montañosos, con mayor o menor espesor y ordenados o no, según el grado de madurez del depósito. Litológicamente están formados por depósitos sueltos, de cantos o bloques con matriz arcillo-lutítico-arenosa, que dificulta la percolación. Hidrogeológicamente presentan una permeabilidad media-baja en función de su litología. La potencia en general es pequeña, no superando los 10 m, con una extensión superficial limitada, dado el gran relieve que presenta esta Hoja.

Las arcillas de descalcificación constituyen el producto residual de la disolución de los carbonatos y aparecen tapizando el fondo de muchas dolinas y rellenando huecos y cavidades de diferente tamaño. La naturaleza de estas formaciones suele ser mayoritariamente arcillosa, aunque es probable que contengan un cierto porcentaje de

limo, arena e incluso algunos fragmentos de rocas carbonatadas desprendidos de las paredes de las dolinas.

Su potencia es irregular y variable, aunque debido a la inaccesibilidad del terreno no ha sido posible su observación directa. Se estima una permeabilidad baja-muy baja para estos depósitos dado el predominio de material arcilloso. Esto no quiere decir que la dolina sea impermeable sino el fondo únicamente. Las paredes de las dolinas en general, son de permeabilidad media-alta.

6.2.2.Unidades acuíferas

A continuación se definen una serie de unidades que agrupan a formaciones hidrogeológicas susceptibles de almacenar y transmitir agua y por lo tanto de constituir acuíferos. De esta manera se han diferenciado cinco unidades con un funcionamiento hidrogeológico independiente; estas unidades son:

- Megaturbiditas

- Canales de Anoz

- Calizas de transición

- Calizas de San Cristóbal

- Formaciones permeables del Cuaternario

6.2.2.1. Metaturbiditas

Geometría

Esta unidad está formada por ocho grandes niveles calcáreos intercalados en la gran masa de turbiditas terrígenas que constituye el Grupo Hecho. En general estos niveles están compuestos por brechas calcáreas en la base y calcarenitas en el techo. Las

brechas calcáreas se encuentran más carstificadas que las calcarenitas superiores, debido a que en conjunto es un depósito más heterogéneo, con grandes huecos, producto de la erosión de los cantos blandos margosos, y que posteriormente han facilitado el emplazamiento del carst. Asimismo, los bloques calcáreos de grandes dimensiones, producen discontinuidades dentro del depósito, facilitando la circulación.

Es importante destacar que, intercalado en este acuífero existe un nivel semipermeable que puede llegar a independizar el acuífero en dos niveles. Este nivel semipermeable no es continuo, acuñándose hacia el oeste, uniéndose los dos niveles calcáreos del acuífero.

La geometría de estos niveles calcáreos es estratiforme con la base erosiva y una gran extensión lateral, aunque se acuñan hacia el noroeste, perdiendo espesor los niveles bréichicos hasta llegar a desaparecer.

Funcionamiento hidráulico

La recarga de estos niveles se produce por infiltración directa del agua de lluvia sobre los afloramientos de estos materiales y la descarga se produce por algunos manantiales próximos al contacto de los niveles calcáreos con la formación de turbiditas detríticas, o por fracturas que relacionan estos niveles. Manantiales de este tipo son los inventariados en las proximidades de Ido con caudales que varían entre 1 y 5 l/seg.

Es importante destacar el transvase que se produce entre los cursos fluviales a favor de estos niveles permeables. El flujo se produce cuando un mismo nivel permeable es atravesado por varios ríos, siendo el sentido de flujo el que va desde el de mayor cota al de menor.

Parámetros hidrogeológicos

No existen datos de ensayos de bombeo o test hidráulicos que permitan conocer los parámetros hidrogeológicos en relación con la unidad. No obstante, en las Hojas

próximas de Garralda (116-II) y Oroz-Betelu (116-IV), el Gobierno de Navarra ha realizado ensayos de bombeo con transmisividades del orden de 300 m²/día.

6.2.2.2. Canales de Anoz

Geometría

Esta unidad se encuentra intercalada entre los paquetes turbidíticos a muro y los niveles de margas y margocalizas a techo. Se trata de tres niveles de calcarenitas y brechas calcáreas con algún nivel de margas intercalado. Los dos inferiores están conectados en la zona del monte Aldaun; el tercero, de menor potencia, se encuentra aislado entre materiales margosos y margocalcáreos. Estos niveles calcáreos presentan una geometría lenticular, con base erosiva, acuñándose lateralmente en dirección NO-SE.

Funcionamiento hidrogeológico

La recarga se produce por infiltración de agua de lluvia, en las zonas donde aflora. La descarga se produce por varios manantiales, próximos a las localidades de Enderiz y Olaiz, con caudales que oscilan entre 2,8 y 3,8 l/s.

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. Se ha estimado una permeabilidad media - alta, para el conjunto de la unidad, siempre condicionada por las zonas de fracturación y disposición geométrica de las capas, que favorecen el desarrollo del sistema de carstificación.

6.2.2.3. Calizas de Navaz

Geometría

Esta unidad se encuentra incluida entre los niveles margosos y margocalizos que la confieren. Constituyen los resaltes calcáreos que se extienden desde Aldau hasta Navaz, formados por calizas y microbrechas de la unidad 75, formando un relieve en mesa constituido por un suave sinclinal, con buzamientos que no sobrepasan los 25°.

Funcionamiento hidráulico

En cuanto al funcionamiento, la recarga se produce mediante infiltración directa del agua de lluvia, sobre los afloramientos del acuífero y la descarga mediante manantiales como los inventariados al norte de Navaz, y al oeste de Anoz, con caudales pequeños, no llegando a alcanzar ninguna de estas surgencias caudales mayores de 1 l/s.

Parámetros hidráulicos

No se tiene información procedente de ensayos o test hidráulicos realizados en la unidad acerca de los parámetros hidrogeológicos que la defina. Al igual que el caso anterior, se estima para esta unidad una permeabilidad media - alta, siempre en relación con la densidad de fracturación y los procesos cársticos que se desarrollan a favor de ella.

6.2.2.4. Calizas de San Cristóbal

Geometría

Esta unidad acuífera corresponde al nivel 84 diferenciado en la cartografía geológica, encontrándose incluido entre los niveles margosos que constituyen las Margas de Pamplona. Se trata de calcarenitas en bancos gruesos con base erosiva. Forman un cuerpo lenticular, elongado en dirección NO-SE con una potencia máxima del orden del centenar de metros.

Funcionamiento hidrogeológico

La recarga se produce por infiltración directa del agua de lluvia en las zonas donde aflora. La descarga se produce principalmente en varios manantiales de pequeño caudal, situados en las inmediaciones de Ansoáin.

Párametros hidráulicos

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 - alta para esta unidad, dependiendo del mayor o menor grado de carstificación a la que están sometidos estos niveles calcáreos.

6.2.2.5. Formaciones permeables del Cuaternario

Geometría

Las formaciones permeables que constituyen acuíferos y cuya edad está comprendida en el Cuaternario, están representadas fundamentalmente por los depósitos fluviales de los ríos Arga y Ulzama.

La geometría de estos sedimentos es fundamentalmente lineal, a lo largo de estos importantes cursos fluviales; sólo presentan un desarrollo más amplio al sur de la Hoja al entrar estos cursos fluviales en la Cuenca de Pamplona.

Funcionamiento hidrogeológico

La recarga de estos acuíferos se produce por infiltración directa del agua de lluvia y por transferencia de los cursos superficiales de agua. Además en estos cursos fluviales pueden existir transferencias de aguas superficiales entre ellos a favor de los niveles acuíferos formados por las Megaturbiditas.

La descarga se produce a través de pequeños manantiales en las áreas de cota inferior, a favor del contacto con materiales arcillosos o limosos, bien del mismo depósito o bien de los materiales terciarios infrayacentes. Existen numerosos pozos

que explotan directamente los recursos de estas formaciones permeables del Cuaternario. Además, se producen descargas difusas en los cauces que interceptan dichas formaciones cuaternarias.

Parámetros hidráulicos

No se han obtenido datos de ensayos o test hidráulicos realizados en estos materiales. De forma general se ha estimado una permeabilidad media - alta para ellos, reduciéndose el valor en los depósitos de fondo de valle al concentrar un mayor contenido en materiales finos.

6.3. GEOTECNIA

6.3.1. Introducción

En este apartado se describe la cartografía Geotécnica y se establecen las características geomecánicas de los diversos materiales.

Esta caracterización geotécnica se ha realizado en función de la disponibilidad de datos geotécnicos que se han podido recopilar en obras y proyectos. En el caso de no disponer de esta información, se efectúa una valoración geotécnica según su caracterización litológica, geomorfológica e hidrogeológica.

El objetivo de este trabajo es proporcionar al usuario una información geotécnica de carácter general, pero lo suficientemente objetiva como para permitir la toma de postura iniciales en temas de ordenación del territorio, o prever problemas en el planteamiento y diseño de campañas geotécnicas puntuales.

6.3.2. Metodología

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

-Recopilación de los datos existentes

Se han recopilado ensayos de laboratorio, procedentes de obras y proyectos, realizados en Navarra por organismos públicos y empresas privadas.

En esta Hoja no existe ninguna obra ni proyecto de construcción que aporte datos geotécnicamente válidos para este estudio; no obstante, se han extrapolado los ensayos de laboratorio procedentes de obras y proyectos realizados en Hojas contiguas, y que en este caso se concretan básicamente en los proyectos de construcción y explanación, así como en los estudios geotécnicos complementarios de la autovía de Leizarán a su paso por la Hoja nº 115-I correspondiente a Irurzun. También se ha utilizado la información que se dispone de algunas unidades geológicas en la Hoja 141-II correspondiente a Pamplona.

-Realización de la base de datos

Se ha realizado una ficha geotécnica, donde figuran los ensayos de laboratorio, destacando los siguientes:

.Identificación y estado (granulometría, límites de Atterberg, densidad y humedad).

.Resistencia (Compresión simple, corte directo)

.Campactación y deformabilidad (CBR, proctor normal, edométrico).

.Químicos (contenido en sulfatos, carbonatos y materia orgánica).

.Hinchamiento (E. de Lambe).

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

-Tratamiento estadístico de los datos incluidos en la base de datos

En esta fase se indexa la información de la base de datos geotécnica del apartado anterior, con la aportada por la cartografía geológica. Ello permite caracterizar

geotécnicamente los diferentes materiales y obtener valores medios, máximos y mínimos de los diferentes ensayos.

-Zonación en áreas de iguales características

A partir de los datos anteriormente comentados e interpretando las unidades geológicas cartografiadas, se ha procedido a la zonación en áreas de iguales características (geotécnicas y litológicas). Como se ha anunciado con anterioridad, cuando no ha sido posible disponer de ensayos, el criterio seguido para establecer la zonación, ha sido en base a las características litológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas, observadas durante los reconocimientos de campo.

6.3.3. Zonación geotécnica

6.3.3.1. Criterios de división

Se ha dividido la superficie de la Hoja en función de criterios geotécnicos, en tres AREAS que presentan una entidad propia y una cierta homogeneidad. Posteriormente, estas áreas han sido divididas a su vez en un total de nueve ZONAS, siguiendo criterios básicamente litológicos y morfológicos, ya que son 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 químico.

6.3.3.2. División en Areas y Zonas Geotécnicas

AREA II:Engloba los materiales Mesozoicos

AREA III:Comprende los materiales Terciarios

AREA IV:Se han agrupado los depósitos Cuaternarios

Estas áreas se han dividido en las siguientes zonas:

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE NAVARRA A ESCALA 1:25.000.

115-IV. Ansoaín

AREA II:ZONA II₃, II₄

AREA III:ZONA III₁, III₂, III₃,

AREA IV:ZONA IV₁, IV₂, IV₃, IV₄

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

UNIDAD CARTOGRAFICA	ZONACION GEOTECNICA	DESCRIPCION
550	IV ₄	Depósitos antrópicos
527, 536, 525, 524, 508	IV ₃	Gravas, Arenas, limos, arcillas. Depósitos fluviales y aluviales
545, 548, 543, 519	IV ₂	Gravas, arenas y arcillas. Depósitos poligénicos y de gravedad
523	IV ₁	Arcillas de descalcificación
271, 260, 256, 255, 252, 248, 246, 245, 242, 240, 236, 234, 232, 229, 226, 224, 223, 207	III ₃	Brechas calcáreas, dolomías, calizas y calcarenitas
215, 270, 266, 249, 253, 66, 243, 59, 239, 235, 218	III ₂	Alternancia de areniscas, margas, calcarenitas, calizas y margo-calizas
267, 254, 247, 244, 241, 233, 225, 214	III ₁	Margas
190	II ₄	Alternancia de margas, margo-calizas, calizas areniscas y calcarenitas
189	II ₃	Lutitas y margas

6.3.4. Características geotécnicas

6.3.4.1. 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.

Como se dijo con anterioridad, en aquellas Zonas Geotécnicas en las que no se dispone de datos reales, la caracterización geotécnica de los materiales se realiza en función de las características geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas establecidas en capítulos anteriores.

De cada Zona Geotécnica se aportan datos sobre características constructivas, tales como condiciones de cimentación, excavabilidad, estabilidad de taludes, empuje

CUADRO 2.

CORRELACION ENTRE LAS UNIDADES Y ZONAS GEOTECNICAS EN LA HOJA DE ANSOÁIN

UNIDAD CARTOGRAFICA	ZONACION GEOTECNICA	DESCRIPCION
100	IV ₄	Depósitos antrópicos
99, 94, 89, 88, 87	IV ₃	Gravas, Arenas, limos, arcillas. Depósitos fluviales y aluviales
98, 97, 93, 90	IV ₂	Gravas, arenas y arcillas. Depósitos poligénicos y de gravedad
85	IV ₁	Arcillas de descalcificación
84, 75, 71, 70, 67, 65, 63, 62, 58, 56, 52, 49, 47, 46, 45, 43, 42, 31	III ₃	Brechas calcáreas, dolomías, calizas y calcarenitas

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE NAVARRA A ESCALA 1:25.000.

115-IV. Ansoaín

34, 83, 81, 72, 68, 66, 60, 59, 55, 51, 50	III ₂	Alternancia de areniscas, margas, calcarenitas, calizas y margo-calizas
82, 69, 64, 61, 57, 48, 44, 35	III ₁	Margas
27	II ₄	Alternancia de margas, margo-calizas, calizas areniscas y calcarenitas
30	II ₃	Lutitas y margas

sobre contenciones, aptitud para préstamos, aptitud para explanada de carreteras y comportamiento para obras subterráneas. Asimismo, se señalan los principales problemas geotécnicos que pueden presentarse y que en general, van a estar relacionados con la presencia de: turbas o arcillas muy compresibles; nivel freático superficial; zonas de alteración superficial del sustrato rocoso; erosiones y arrastres de materiales en laderas; desprendimientos de rocas; 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 ensayos de campo, obteniéndose los siguientes datos:

a) Ensayos de identificación y estado. Además de la densidad y el estado de humedad, se han utilizado 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 Nº 200 de la serie ASTM.

-Plasticidad. La clasificación de los suelos cohesivos según su plasticidad se ha efectuado con el límite líquido y el índice de plasticidad; utilizando la carta de plasticidad de Casagrande.

b) Análisis químico

-Agresividad. Se ha determinado la agresividad del terreno mediante el contenido de sulfato, 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
-------	-------	------------

c)Análisis de Hinchamiento

-Expansividad. Los que se disponen sobre la expansividad del terreno, están obtenidos a través del ensayo Lambe, que fija el cambio potencial de volumen (C.P.V.) de la manera siguiente:

C.P.V.	Descripción
0 - 2	No crítico
2 - 4	Marginal
4 - 6	Crítico
> 6	Muy crítico

d)Ensayos de resistencia, compactación y deformabilidad. Se han agrupado los ensayos de resistencia a compresión simple, resistencia al corte; CBR y Proctor Normal. A continuación se exponen algunos criterios que definen el grado de dureza de los materiales, en función con los diferentes ensayos tanto en campo como en laboratorio.

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 pequeño trozos
Muy resistente	100 - 250	No corta	Se rompe con muchos golpes
Resistente	50 - 100	No corta	Se rompe con varios golpes
Med. 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

Igualmente, considerando la resistencia a compresión simple, se puede valorar la consistencia del terreno, de manera cualitativa.

e)Consistencia del terreno según NTE, CEG, 1975

Tensión de rotura a compresión simple en Kg/cm ²	Consistencia
< 0,25	Muy blando
0,25 a 0,50	Blando
0,50 a 1	Medio
1 a 2	Firme
2 a 4	Muy firme
> 4	Duro

Con ensayos de campo, como el S.P.T. (Ensayo en penetración estandar) se puede valorar la compacidad del terreno, de la siguiente manera:

N_{30}	Compacidad del terreno
< 3	Muy suelto
4 a 10	Suelto
10 a 30	Compacto
20 a 50	Denso
> 50	Muy denso

f) Consistencia en arcillas. Se puede valorar, utilizando el índice de compresión (C_c) obtenido del ensayo edométrico. Los valores típicos de los suelos son los que se exponen en la siguiente tabla:

Índice de Compresión C_c	Consistencia
< 0,1	Duro
0,1 - 0,2	Semiduro
> 0,2	Fangos

g) Módulo de deformación y coeficiente de Poisson. El módulo de deformación, en arcillas sobreconsolidadas se puede obtener utilizando el valor de la resistencia al corte sin drenaje (C_u) en la correlación $E = 130 \times C_u$ definida por Butler. Para el coeficiente de Poisson se podría adoptar un valor entre 0,30 y 0,35, dependiendo de la consistencia blanda o densa. Aparte de los ensayos anteriormente comentados, también se considera la densidad y humedad del Proctor Normal y el índice CBR, correspondiente al 100% en la densidad Proctor; y que definen la aptitud del material para su uso en obra civil. Las características constructivas de los diferentes materiales se estudian para condiciones de cimentación y para obras de tierra.

-Cimentación. Normalmente se ha utilizado el criterio expuesto en los códigos y normas (Código Británico y Norma DIN-1054). En suelos y debido a que no se dispone de datos sobre asentos, 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 van a estar relacionados con asentos diferenciales, presencia de agua subterránea y presencia de sulfatos en el sustrato, debido a la alta reactividad de los mismos con el hormigón.

-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 y/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. En algún caso han sido observados en campo, en otros el análisis de estabilidad es el que se refleja en estudios realizados en la zona. Se señalan además, los factores que pueden llegar a alterar las condiciones de equilibrio.

-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. Las rocas se han clasificado con los criterios que se establecen en el citado Pliego.

-Aptitud para explanada de carreteras. En este apartado se evalúa la capacidad de soporte de los materiales para constituir una explanada, es decir, la resistencia que ofrece a la deformación bajo cargas. Esta resistencia dependerá de la naturaleza de los materiales, así como de su densidad y humedad. Para evaluar esta capacidad de soporte se utiliza tradicionalmente el Índice C.B.R. (California Bearing Ratio) que fue concebido para el dimensionamiento de firmes flexibles.

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 en explanadas tipo E-1. Suelos tolerables, al menos estabilizados 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 explanadas directamente. Aptos son terrenos frecuentemente adecuados y seleccionados; constituyen explanadas tipo E-3 (CBR > 20).

-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", a suelos firmes, casi rocas blandas, que sólo a veces presentan problemas de nivel freático, con cierta capacidad de autoporte y sin empujes fuertes.

En 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 cinco parámetros:

-Resistencia de la roca

-RQD

-Separación entre diaclasas

-Presencia de agua

-Disposición de las juntas respecto a la excavación

Bieniawski establece cinco categorías en función del valor RMR:

Clase I Roca muy buena: RMR = 81-100

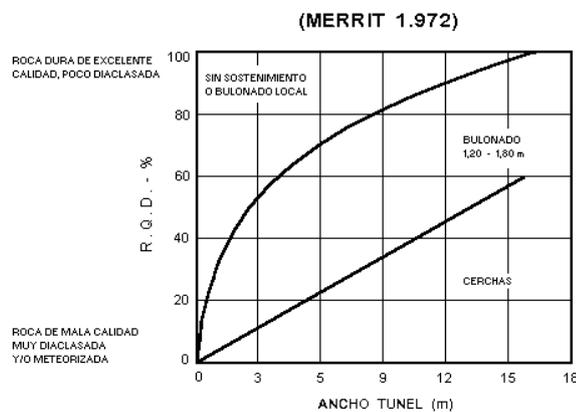
Clase II Roca buena: RMR = 61-80

Clase III Roca media: RMR = 41-60

Clase IV Roca mala: RMR = 21-40

Clase V Roca muy mala: RMR <20

En algunos casos, se ha utilizado también el "Abaco de Merrit" (1972) que relaciona la anchura de tunelación con el valor de R.Q.D. (Fig. 6).



¡Error! Argumento de modificador no especificado. Fig. 6. Modificado de Merrit (1972). Gráfico que evalúa el tipo de sostenimiento a realizar en un macizo rocoso en función de la anchura del túnel y de los valores de R.Q.D.

El objetivo de ambas clasificaciones es definir el tipo de sostenimiento a efectuar en obras subterráneas concretas.

6.3.4.2. Area II.

Zona II₃

-Localización

Se localiza un único afloramiento de dimensiones muy reducidas en el ángulo noroccidental de la Hoja.

-Características geológicas

La Zona II₃ está constituida fundamentalmente por margas maastrichtienses.

-Características geotécnicas

Unicamente se dispone de ensayos geotécnicos de laboratorio del conjunto formado por arcillas y margas del Weald en la vecina Hoja de Irurzun, de características semejantes a las de la presente unidad. Esta información es extrapolable al conjunto de materiales que definen esta zona ya que en función de sus similares características litológicas y morfológicas, se espera de ellos un mismo comportamiento geomecánico.

Los ensayos se han realizado sobre niveles sanos, y hacen referencia a la determinación de la resistencia de estos materiales a compresión simple. Asimismo, se recogen valores del Índice de Calidad de la Roca (R.Q.D.). A continuación, se describen los valores más representativos.

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas

Densidad:2,7 gr/cm³

Resistencia a compresión simple:386,33 kp/m²

Módulo de Young (E_t):107604

Coeficiente de Poisson (μ):0,13

R.Q.D.:100%

Se puede decir que se trata de una roca blanda de rápida alteración, por lo que resulta lógico esperar un perfil de alteración importante. Se comportan como suelos de consistencia firme y dura (según NTE-CEG, 1975), con una expansividad definida como marginal.

En profundidad, los niveles en estado sano presentan un R.Q.D. óptimo y una resistencia media (250-500 kp/cm²).

-Características constructivas

a. Condiciones de cimentación. A partir de los valores de resistencia a compresión simple y parámetros de deformabilidad, se ha calculado la capacidad portante de estos materiales según los términos que establece la metodología.

Las presiones admisibles calculadas para una profundidad de cimentación de 1,5 - 2 m, que coincidirá generalmente con el nivel superficial de alteración, se moverá entre unos valores de 1,3 y 3 kp/cm². En niveles de margas sanas los valores orientativos que aportan el Código Británico oscilan entre 6 y 10 kp/cm², posiblemente superiores dada la resistencia a compresión simple superior a 100 kp/cm², pero que para edificios habituales supone valores suficientes. No obstante, para edificios altos y cuando se prevean fuertes cargas concentradas, serán necesarios estudios de resistencia y deformabilidad puntuales y detallados.

El tipo de cimentación a emplear dependerá del espesor del horizonte alterado y de su grado de alteración. Se supone por otra parte, que la edificación carece de sótanos, que obliguen a efectuar la excavación del terreno y puedan cambiar totalmente el planteamiento de la elección.

Normalmente, la cimentación será de tipo superficial (zapata o losas) 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 acudir al empleo de losas, si la capacidad portante del terreno se sitúa en torno a 1,5 kp/cm², o bien se deberá recurrir a niveles profundos más resistentes, eligiendo entonces una cimentación semiprofunda (siempre que estas profundidades se encuentren entre 3 y 6 m).

En ocasiones puede ser necesario el empleo de pilotes si el espesor del nivel de alteración es superior al esperado. También el empleo de losa de cimentación puede ser bastante adecuado cuando en el área ocupada por el edificio se produzcan variaciones importantes del espesor del horizonte alterado, que pudieran provocar asentamientos diferenciales no admisibles si se pretendiese cimentar mediante zapatas aisladas. No obstante, el empleo de losa de cimentación es una solución muy costosa para edificios bajos (6-8 plantas).

No se espera presencia de sulfatos en los materiales, por lo que en principio se descartan problemas de agresividad al hormigón. Por otro lado, la impermeabilidad de estos materiales permite suponer que tampoco existan problemas de afluencia de agua a las excavaciones.

En general, los problemas de cimentación van a estar relacionados con variaciones importantes en el espesor del horizonte de alteración, que pueden dar lugar a asentamientos diferenciales importantes, y con la presencia de niveles de arcillas entre las margas sanas, que pueden causar fenómenos de punzonamiento.

b. Condiciones para obras de tierra

.Excavabilidad. De acuerdo con los términos designados en la metodología se trata de suelos medios, con una ripabilidad variable entre ripable y no ripable. Los niveles superiores de alteración, al tener una estructura más floja y menor consistencia, van a ser fácilmente excavables

.Estabilidad de taludes. Los taludes naturales son estables, aunque progresivamente se van deteriorando debido a la rápida alteración de las margas en superficie, observándose fenómenos de acarreamiento. Los taludes artificiales, en las zonas alteradas producirán flujos de barro y deslizamientos, mientras que los que se realizan en margas sanas presentarán con el tiempo un deterioro progresivo; así mismo es posible la existencia de cuñas. En general, se deberán adoptar medidas encaminadas a reducir la erosión superficial y sus efectos (hidrosiembras, escalonamientos, etc.).

.Empuje sobre contenciones. Serán variables en función de la degradación del talud y de la protección que se de a la coronación del mismo. Dependerán también del grado

de saturación de los materiales. Pueden considerarse de bajos (margas sanas) a altos en zonas muy alteradas.

.Aptitud para préstamos. Se trata de materiales No Aptos para su uso en terraplenes y pedraplenes.

.Aptitud para explanada en carreteras. En general constituyen terrenos No Aptos, en el mejor de los casos marginales. Precisarán por tanto, la extensión sobre ellos de una explanada mejorada.

.Obras subterráneas. Según los criterios de la Clasificación de Bieniawski (1979), los materiales de esta Zona, considerados como formación rocosa se encuadran en la Clase III: Roca Media (RMR 41-60). En función de los valores R.Q.D., este tipo de materiales no ofrecerán en principio problemas de sostenimiento (Merrit, 1972) para anchuras de tunelación moderadas.

Zona II₄

-Localización

Se localiza en un único afloramiento situado al norte de Belzunce, en el extremo noroccidental de la Hoja.

-Características geológicas

La Zona II₄ está constituida por margas y calizas margosas de plataforma carbonatada y edad Maastrichtiense.

-Características geotécnicas

Su característica fundamental es la alternancia de materiales de diferente litología, (y por tanto diferente comportamiento mecánico) en estratos y capas de espesor en general uniforme, factores estos que van a condicionar decisivamente el comportamiento geomecánico del conjunto.

Se dispone en esta ocasión de ensayos de laboratorio realizados en los materiales campanienses de la vecina Hoja de Irurzun, cuya información es extrapolable al conjunto de la Zona, ya que se espera un mismo comportamiento mecánico debido a sus semejanzas.

Los ensayos recopilados aportan datos tanto de los horizontes superficiales alterados, como de los niveles sanos más profundos. Están encaminados a la determinación del estado e identificación (Granulometría; Clasificación de Casagrande), resistencia (Compresión simple) e índice de calidad de la roca (R.Q.D.). A continuación se describen los valores más característicos.

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas

Clasificación de Casagrande:CL

Clasificación de ASSHTO:A-7/A-6

% tamiz nº 200:80,8

Límite líquido:41.9

Límite plástico:20,2

Índice de plasticidad:21,7

Densidad:2,55 - 2,69 gr/cm³

Resistencia a compresión simple:400,2 - 678,5 kp/cm²

Módulo de Young (E_t):159279 - 628287

Coefficiente de Poisson (μ):0,34 - 0,54

Coefficiente desgaste de los ángulos:28

R.Q.D.:70 - 77,3%

Cohesión: 0 - 2 T/m²

Angulo rozamiento interno (ϕ): 26 - 30°

% CO₃⁼: 38,06 - 79,45%

Se observan unos valores de resistencia a Compresión Simple que oscilan entre medianamente resistentes y resistentes (400 - 700 kp/cm²), aunque existe una alta dispersión de resultados con valores extremos que oscilan entre muy blandos (45,6 kp/cm²) y muy resistentes (1030 kp/cm²). Se puede considerar por tanto, que en estado sano, estas rocas presentan una resistencia a Compresión Simple del orden de 250 - 300 kp/cm² y un R.Q.D. bueno, aunque una vez excavadas sufren un alto grado de meteorización, principalmente en los niveles blandos intercalados.

Los horizontes edáficos superficiales están formados por unas arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media. Se trata de suelos limo-arcillosos con más de un 35% de material que pasa por el tamiz nº 200 (0,074 mm), elásticos y que experimentan normalmente grandes cambios de volumen entre los estados húmedo y seco. En general, presentan un límite líquido alto y cumple la relación: $IP > LL - 30$; por tanto su comportamiento en explanadas se considera de regular a malo. Presentan una consistencia firme y dura (NFE, CEG, 1975).

-Características constructivas

a. Condiciones de cimentación. A partir de los valores de resistencia a compresión simple y parámetros de deformabilidad, se calcula la capacidad portante de estos materiales, según los términos que establece la metodología. La Norma DIN 1054, presenta unos valores normalizados para sustratos rocosos sanos o poco alterados en un medio estratificado y diaclasado, que se sitúan en 20 kp/cm² de presión admisible, valores éstos que deben reducirse a la mitad si aumenta el grado de diaclasado o la disposición espacial de los planos de estratificación es desfavorable.

Por otro lado, el Código de Práctica Británico nº 4 señala para materiales de naturaleza similar a los que componen esta Zona, presiones admisibles del orden de 20 kp/cm². Pueden considerarse, tomando valores conservadores, y a tenor de los resultados de resistencia a compresión simple obtenidos en los ensayos de laboratorio, presiones admisibles entre 6 y 10 kp/cm². De esta manera, se puede decir

que para el caso de edificios habituales con cargas proyectadas inferiores a 3-4 kp/cm², la capacidad portante del terreno está garantizada.

El tipo de cimentación será en general superficial, previa eliminación del horizonte superficial alterado y/o recubrimiento. Se utilizan zapatas cuya superficie no debe ser inferior a 4 veces el área del pilar para eliminar así la concentración de esfuerzos. El empleo de zapatas corridas será necesario cuando se desee evitar los efectos de la heterogeneidad litológica que supone la presencia de niveles margosos menos compactos que los materiales calizos, calcareníticos o areniscosos.

En cuanto a los problemas de cimentación que pueden surgir, destaca la presencia de niveles margosos intercalados entre materiales más competentes, que presentan un comportamiento mecánico diferencial entre los distintos puntos de apoyo, efecto éste que puede corregirse, como se dijo anteriormente, mediante la utilización de zapatas corridas. En el caso de que los apoyos estén próximos a taludes, habrá que prestar especial atención a las características del diaclasado y a la disposición de los planos de estratificación, ante la posibilidad de que haya que recurrir a realizar trabajos de anclaje y bulonado para mitigar la posible inestabilidad que la aplicación de cargas pudiera provocar.

b. Condiciones para obras de tierra

.Excavabilidad. Según los criterios seguidos en la metodología, se trata de terrenos medios - duros. Los niveles margosos y calcomargosos serán en general ripables, atacables por medios mecánicos.

.Estabilidad de taludes. Son rocas que, salvo que se encuentren en estado muy sano, conllevan problemas de estabilidad ya que el porcentaje de carbonatos disminuye con los procesos de meteorización. En las margas pueden darse fenómenos de reptación. La posible existencia de fracturas perpendiculares a los bancos, más frecuentes en niveles margosos laminados, puede favorecer el desprendimiento de bloques y fenómenos de vuelco. Este fenómeno es muy frecuente en depósitos turbidíticos.

Taludes artificiales excavados en estos materiales con pendientes de 54° (1V: 0,75H), se han mostrado en la práctica inestables, produciéndose deslizamientos, vuelco de estratos y descalces.

En estos casos, se ha adoptado como solución entre otras, la de perfilar estos taludes a 35° - 40° (1V: 1,425 H) y recubrir con escollera. En general, al proyectar taludes en esta zona habrá que prestar especial interés al espesor de los suelos (alteración o coluviales) y a la orientación e inclinación de los planos de anisotropía (estratificación, juntas, discontinuidades, diaclasas) respecto al plano de talud, teniendo en cuenta que como norma, taludes superiores a 45° (1V: 1H) van a presentar problemas de estabilidad.

.Empujes sobre contenciones. Serán de tipo bajo, ocasionalmente medio en zonas margosas alteradas, o en taludes con problemas de estabilidad.

.Aptitud para préstamos. Las margas y calizas margosas se consideran rocas inadecuadas a lo sumo marginales, para su uso en pedraplenes.

.Aptitud para explanas en carreteras. En terraplenes y pedraplenes, las margas y margocalizas se consideran No Aptas para su utilización en coronación de los mismos.

.Obras subterráneas. Según los términos definidos en la metodología, se trata de un terreno medio. Utilizando la Clasificación de Bieniawski (1979) se encuadran entre las Clases III (Calidad media) y Clase IV (Mala), jugando un papel importante la orientación de la estratificación. Al proyectar los valores de R.Q.D. en el ábaco de Merrit (1972) se observa que para anchuras de tunelación superiores a 5 m se deberá realizar sostenimiento mediante malla de bulones.

6.3.4.3. Area III

Zona III₁

-Localización

Afloran con gran extensión especialmente en el dominio meridional, coincidiendo con áreas topográficamente deprimidas, que presentan relieves muy suavizados.

-Características geológicas

Está constituida exclusivamente por margas, definiendo un conjunto de pobre expresión morfológica en el paisaje, donde los afloramientos son escasos y de mala calidad al estar normalmente cubiertos. Se pueden reconocer dos grandes grupos: el primero abarca los depósitos del Thanetiense - Luteciense y corresponden a margas de naturaleza turbidítica, con algunas intercalaciones centimétricas de niveles calcareníticos. El segundo conjunto está formado por margas grises de plataforma, del Biarritziense.

-Características geotécnicas

Se dispone de una amplia relación de ensayos de laboratorio de la unidad cartográfica 82 (Margas de Pamplona), que se encuentran extensamente caracterizadas 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 permiten una diferenciación clara entre ellos.

De los ensayos recopilados se dispone de datos de los niveles sanos y alterados, por lo que se hacen referencia a 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 - 2,6 gr/cm³

Densidad seca (margas alteradas):1,70 - 1,87 gr/cm³Porcentaje pasa tamiz nº 200:82 - 95%

Límite líquido:33 - 50

Índice plasticidad:14 - 33

Humedad (margas no alteradas):5,5 - 16%

Humedad (margas alteradas):12 - 20%

Contenido en carbonatos (margas no alteradas):20-54%

Contenido en carbonatos (margas alteradas)45 - 52%

Contenido en sulfatos: < 0,01%

Densidad Proctor (margas no alteradas):1,62 - 2,14 gr/cm³

Densidad Proctor (margas alteradas):1,61 - 2,04 gr/cm³

Humedad óptima (margas no alteradas)9 - 21%

Humedad óptima (margas alteradas)10,6 - 18,8%

Índice C.B.R. (margas alteradas)0,8 - 3,7

Resistencia a compresión simple (margas no alteradas):188 - 308 Kp/cm²

Resistencia a compresión simple (margas alteradas):1,5 - 4,5 Kp/cm²

R.Q.D. medio:66%

Ángulo rozamiento interno (margas no alteradas)25°

Ángulo 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

En superficie y hasta una profundidad variable entre 2 y 12 m, las margas se encuentran alteradas y descomprimidas, con nódulos carbonatados dispersos y características de un suelo arcilloso.

Se dispone de datos referentes a este nivel de alteración mezclado con materiales cuaternarios (suelos de alteración), cuyos valores de resistencia y compactación se han agrupado con las margas alteradas. Estos ensayos (identificación y estado) se resumen a continuación:

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas

(Margas alteradas y depósitos cuaternarios)

Clasificación de Casagrande:CL

Porcentaje que pasa tamiz nº 200:23 - 89%

Límite líquido:31,2 - 45

Índice plasticidad:14 - 41,1

Humedad:11,2 - 21,3%

Densidad seca:0,84 - 2,13 gr/cm²

Contenido en carbonatos:26 - 49,6%

Contenido en sulfatos :Nulo

Se observa como el contenido en carbonatos disminuye hasta niveles superficiales debido a la disgregación y alteración de las margas por procesos de meteorización. El contenido en sulfatos es muy bajo por lo que se descartan problemas de agresividad.

Una característica importante de estas margas es su elevada alterabilidad al ponerse en contacto con la atmósfera, de modo que, a corto plazo la roca sana expuesta a los agentes atmosféricos sufre procesos de disgregación y fragmentación que favorecen la erosión superficial y los desprendimientos en taludes. Asimismo, las variaciones de

espesor del nivel superficial de alteración, unidas a la presencia de niveles blandos (arcillosos) pueden dar problemas de cimentación.

A partir de los valores obtenidos en el porcentaje de material que pasa por el tamiz nº 200 y de los resultados de la Clasificación de Casagrande (CL), se puede decir que los niveles superficiales de alteración están constituidos por suelos limo-arcillosos, pero con un cierto contenido en arenas y gravas que queda retenido en el tamiz nº 200. Pueden presentar grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo. En general se consideran inadecuados para su uso en explanadas.

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, que de acuerdo con las normas establecidas en la metodología corresponden a terrenos de consistencia muy firme y dura, aunque ocasionalmente se observen valores de resistencia (0,8 kp/cm²) muy bajos relacionados con niveles de arcillas blandas intercaladas entre los paquetes de margas. 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.

En cuanto a la expansividad de las margas alteradas, los resultados del análisis de hinchamiento permiten clasificar estos materiales como "marginales". No obstante es aconsejable investigar con detalle este parámetro mecánico si se prevén cambios de humedad importantes en los materiales que van a soportar una cimentación determinada.

Desde el punto de vista hidrogeológico, el carácter impermeable de estos materiales determina la ausencia de agua en profundidad. Únicamente cabe considerar una saturación posible de los niveles superficiales alterados y la infiltración a través de fisuras, factores éstos que no deben crear problemas de drenaje en excavaciones.

-Características constructivas

a. Condiciones de cimentación. En función de los valores de 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 las margas.

Las presiones admisibles calculadas para profundidad de cimentación mínima de 1,5 - 2 m, que corresponde al nivel superficial reblandecido o saturado, varían generalmente para las margas alteradas (de consistencia firme y dura) entre 1,3 y 3 kp/cm². En las margas sanas según los valores normalizados que se dan en el Código Británico puede considerarse una capacidad portante entre 6 y 10 kp/cm², y posiblemente superior, dada la resistencia a compresión superior en muchos casos a los 100 kp/cm², pero que para edificios habituales, suponen valores suficientes. No obstante, se aconseja que para edificios altos o cuando se prevean fuertes cargas concentradas se realicen estudios de resistencia y deformabilidad específica.

El tipo de cimentación a realizar dependerá del espesor del horizonte superficial y del grado de disgregación del material. En general serán de tipo superficial (zapata o losa) o semiprofunda mediante pozos. Para edificios bajos de más de seis alturas, la cimentación podrá realizarse mediante zapatas. Para alturas de edificación superiores se podrá recurrir al empleo de losa si la capacidad portante del terreno se sitúa en torno a 1,5 kp/cm², o de lo contrario, habrá que buscar niveles resistentes más profundos, recurriendo en este caso a una cimentación semiprofunda siempre que esos niveles se encuentren entre 3 y 6 m de profundidad. Ocasionalmente, puede ser necesario el empleo de pilotes cuando el espesor del nivel alterado es superior a lo admisible en el punto considerado. El empleo de losa de cimentación puede ser particularmente adecuado cuando en el área se produzcan variaciones notables en el espesor del horizonte alterado, que pudieran dar asientos diferenciales no admisibles si se pretendiese cimentar mediante zapatas aisladas. No obstante, la cimentación por losa es una solución bastante costosa para edificios de baja altura.

El contenido en sulfatos de los materiales de esta Zona es prácticamente nulo, por lo que no se esperan problemas de agresividad; tampoco se espera afluencia de agua a las excavaciones.

Los problemas de cimentación que pueden presentarse van a estar relacionados con variaciones importantes de espesor del horizonte alterado que, como ya se ha dicho, puede provocar asientos diferenciales; presencia de niveles arcillosos blandos intercalados entre los paquetes de margas sanas, que pueden producir fenómenos de punzonamiento; y presencia de niveles de areniscas duras no ripables que dificulten la excavación.

-Condiciones para obras de tierra

.Excavabilidad. Los horizontes de alteración se consideran terrenos Medios - Duros, es decir, atacables mediante medios mecánicos sin dificultad. Los niveles profundos de margas sanas se consideran a efectos de ripabilidad entre ripables y no ripables.

.Estabilidad de taludes. Algunos taludes naturales con alturas de 35 m y 70° de inclinación, se muestran estables. Pero por lo general, 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.).

En función de los informes consultados se recomienda que en los taludes artificiales que se realicen donde la estratificación tenga una cierta componente hacia la excavación, la pendiente del talud en la dirección de buzamiento no supere el valor de dicho buzamiento, siempre que éste sea superior al ángulo de rozamiento entre los estratos, que para estos materiales se sitúa en 12 - 15°.

.Empuje sobre contenciones. Serán variables en función de la degradación del talud y del grado de alteración de los materiales. Pueden considerarse de bajos a altos en zonas muy meteorizadas.

.Aptitud para préstamos. Según los términos definidos en la metodología, los materiales superficiales procedentes de la alteración del sustrato margoso se consideran Inadecuados, ocasionalmente Marginales, por lo que no se recomienda su uso como material de préstamo en terraplenes y pedraplenes. Tampoco se recomienda el uso de las margas sanas en la ejecución de pedraplenes debido a su elevada alterabilidad.

.Aptitud para explanada en carreteras. En general, se trata de Suelos No Aptos, que precisarán la extensión sobre ellos de una explanada mejorada.

.Obras subterráneas. Las obras subterráneas realizadas en esta zona afectarán al sustrato no alterado que de acuerdo con la Clasificación de Bieniawski (1979) varía de Clase III (Media) a Clase IV (Mala).

Zona III₂

-Localización

Esta zona presenta una buena expresión morfológica en el paisaje, dando lugar a relieves moderados.

-Características geológicas

La Zona III₂ está constituida por depósitos del Paleoceno superior (Thanetiense) y del Eoceno inferior y medio (Ilerdiense - Biarritziense). Están formados por arcillas, margas, calizas, calizas margosas, areniscas y calcarenitas que se disponen dando alternancias de naturaleza turbidítica en unos casos, y facies de plataforma externa en otros. Se trata de un conjunto de materiales de composiciones litológicas muy variables y estratigráficamente complejos, que no admiten ser individualizados por razones de la escala de trabajo.

-Características geotécnicas

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.

En esta ocasión no se dispone de ensayos de laboratorio que permitan caracterizar las propiedades geomecánicas de los materiales. No obstante, una vez realizado el reconocimiento de campo y de acuerdo con los criterios establecidos por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM), se estiman unos valores de resistencia a compresión simple para el conjunto de estos materiales entre muy baja (< 50 kp/cm²) y baja (50 - 200 kp/cm²), dependiendo del espesor de los bancos y de la proporción de niveles margosos.

Cabe esperar el desarrollo de niveles superficiales de alteración en los tramos margosos y calcomargosos, debido a la elevada alterabilidad que presentan estos materiales.

Desde un punto de vista hidrogeológico, dada la alta impermeabilidad del conjunto de estos materiales, no se espera la presencia de agua en profundidad.

-Características constructivas

a.Condiciones de cimentación. A falta de ensayos de laboratorio, se puede estimar la capacidad portante a partir de los valores normalizados en las diferentes Normas y Códigos. La Norma DIN 1054 establece para materiales sanos o poco alterados en medios estratigráficos y diaclasados, una presión admisible de 20 kp/cm^2 , valores éstos que deben reducirse a la mitad cuando el espesor de los tramos margosos aumenta o la disposición de la estratificación y el grado de diaclasado son desfavorables. El Código Británico señala para rocas de la mismas características y arquitectura estratigráfica, presiones admisibles del orden de 20 kp/cm^2 . De esta forma y tomando valores conservadores, se estima que la capacidad portante de estos materiales se sitúa 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 recubrimiento superficial de alteración. Se recomienda el uso de zapatas con una superficie no inferior a cuatro veces el área del pilar, para evitar así la concentración de tensiones; y el empleo de zapatas corridas cuando sea necesario evitar los posibles efectos (asientos diferenciales) que se producen por la presencia de niveles margosos blandos intercalados entre materiales más competentes.

Los problemas de cimentación que pueden surgir son básicamente de tres tipos

*Presencia de niveles margosos que dan un comportamiento mecánico desigual al del conjunto de materiales, circunstancia ésta que, como ya se ha dicho, puede corregirse mediante el empleo de zapatas corridas.

*Presencia de niveles arcillosos blandos intercalados entre niveles de margas o areniscas sanas, que pueden provocar fenómenos de punzonamiento.

*Cuando los apoyos están próximos a taludes, la aplicación de cargas pueden provocar la inestabilidad de los mismos. En estos casos habrá que estudiar las características y disposición espacial de la estratificación y diaclasado, y recurrir en caso necesario a trabajos de anclaje y bulonado del talud para garantizar su estabilidad.

b. Condiciones para obras de tierra

.Excavabilidad. Según los criterios seguidos en la metodología se trata de Terrenos Duros, atacables por medios mecánicos. Las margas, arcillas y niveles calcomargosos son, en general, ripables.

.Estabilidad de taludes. Se consideran en conjunto estables, según las definiciones dadas en la metodología. Puntualmente se producen desprendimientos superficiales de los niveles margosos muy laminados, y fenómenos de vuelco de estratos, muy frecuentes en depósitos turbidíticos. Al proyectar un talud en esta zona, debe tenerse especial cuidado a que la estratificación se encuentre a favor o no del plano del talud y de la pendiente del mismo. Como norma general, la pendiente del talud no ha de superar el ángulo de rozamiento entre los estratos.

.Empuje sobre contenciones. Serán de tipo bajo, ocasionalmente de tipo medio en zonas margosas alteradas o en taludes con problemas de estabilidad.

.Aptitud para préstamos. Las arcillas, margas y calizas margosas se consideran rocas inadecuadas para su uso en terraplenes y pedraplenes. Los niveles de areniscas, calizas y calcarenitas constituyen por el contrario, terrenos adecuados y seleccionados.

.Aptitud para explanada en carreteras. Los terrenos margosos, arcillosos y calcomargosos se consideran No Aptos para su utilización en la coronación de terraplenes y pedraplenes. En el caso de desmontes, la categoría de la explanada en calizas, areniscas o calcarenitas es la E-3. Se recomienda el relleno con hormigón de tipo H-50 de las depresiones que contengan agua. La explanada deberá tener la inclinación y regularidad necesaria de modo que se asegure la evacuación del agua infiltrada a través de las capas o juntas del firme de la calzada y arcenes.

.Obras subterráneas. Según los Criterios de la Clasificación de Bieniawski (1979), estos terrenos se encuadran entre la Clase III (Calidad Media) y Clase IV (Calidad Mala), jugando un papel importante la orientación de la estratificación y el grado de diaclasado.

Zona III₃

-Localización

Constituye el techo del sinclinal de Anoz y multitud de afloramientos que con una expresión cartográfica en forma de estrechas bandas alargadas, se distribuyen a lo largo de toda la Hoja, según una directriz general NO-SE. Estos depósitos resaltan topográficamente en el paisaje, siendo en general fácilmente reconocibles.

-Características geológicas

Esta zona está integrada por materiales carbonatados en general bastante competentes, agrupando un amplio número de unidades geológicas que presentan características litológicas, estratigráficas y morfológicas similares, y por tanto, con un mismo comportamiento geomecánico. Se incluye un conjunto de edad Daniense - Montense de calizas de plataforma externa, al que le suceden bancos de areniscas, brechas calcáreas y calcarenitas que forman parte de las diferentes secuencias turbidíticas (megaturbidíticas) que se generaron desde el Thanetiense al Biarritziense.

-Características geotécnicas

No se dispone en este caso de ensayos de laboratorio que permitan caracterizar geotécnicamente los materiales de esta Zona. No obstante, presentan una asociación de facies y arquitecturas deposicionales similares a las de los materiales que definen la Zona II₆, por lo que cabe suponer unas características constructivas similares.

En función de los criterios establecidos por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM) se consideran estos materiales como resistentes ($> 600 \text{ kp/cm}^2$). No obstante, la resistencia del macizo rocoso dependerá de las características de las discontinuidades.

Un aspecto importante en estos materiales, y que deberá interpretarse en posteriores estudios geotécnicos es el grado de carstificación que presenten aquellas formaciones rocosas con potencia adecuada. Se analizarán en los casos más desfavorables los posibles hundimientos de cimientos y desprendimientos en taludes.

-Características constructivas

a.Condiciones de cimentación. Según el Código de Práctica Británico este tipo de roca admite cargas superiores a 40 kp/cm^2 , mientras que la Norma DIN 1054 recomienda valores en torno a los 30 kp/cm^2 . En aquellos casos donde el grado de fracturación o carstificación sea elevado se aplicarán cargas inferiores.

En cualquier caso, la capacidad portante de estos materiales queda asegurada para edificios habituales (6-9 plantas) en los que se estiman cargas proyectadas entre $3-4 \text{ kp/cm}^2$. El tipo de cimentación a realizar será con mayor probabilidad el superficial, utilizando zapatas individuales con una superficie nunca inferior a cuatro veces el área del pilar, evitando la concentración de tensiones. En principio no se estima necesario el empleo de losas a no ser que las características particulares del edificio (altura) o del sustrato rocoso (carstificación) así lo aconsejen.

No se ha observado presencia de sulfatos en estos materiales, con lo cual se descartan problemas de agresividad al hormigón.

b.Condiciones para obras de tierra.

.Excavabilidad. Según los términos expuestos en la metodología, se consideran unos materiales Duros. Su excavación precisará el empleo de explosivos.

.Estabilidad de taludes. Se consideran estables, tanto los taludes naturales como los artificiales. Puntualmente pueden producirse desprendimientos de algunos bloques inestables. Al diseñar un talud en esta Zona, hay que prestar especial atención a la orientación e inclinación de los planos de estratificación, respecto al plano del talud ya que pueden producirse desprendimientos importantes.

.Empujes sobre contenciones. Las contenciones no se consideran en principio necesarias.

.Aptitud para préstamos. Según el PPTG, este tipo de materiales se consideran Terrenos Adecuados y Seleccionados para su uso en pedraplenes y terraplenes.

.Aptitud para explanada en carreteras. La categoría de explanada en este tipo de rocas es la E-3, es decir suelos adecuados y seleccionados. Se recomienda el relleno con hormigón de tipo H-50 de las depresiones que pudieran contener agua. La explanada deberá tener la inclinación y regularidad necesarias, de modo que se asegure la evacuación del agua infiltrada a través de las capas o juntas del firme de la calzada y arcenes.

.Obras subterráneas. Según la Clasificación de Bieniawski, estos materiales se enmarcan entre la Clase II y Clase III: Rocas Medias (RMR = 41-60) a Buenas (RMR = 61-80), en función del grado de fracturación y de la intensidad de los procesos de carstificación.

Por otro lado, son rocas que presentan un Índice de Calidad (R.Q.D.) alto, por lo que para anchuras de tunelación moderadas (6-8 m) no se esperan problemas de sostenimiento.

6.3.4.4. Area IV

Zona IV₁

-Localización

Se localiza en una pequeña dolina situada próxima al eje del sinclinal de Anoz (cuadrante noroccidental), desarrollada sobre los materiales calcareníticos que constituyen el techo de esta estructura.

-Características geológicas

Esta zona está definida por arcillas de descalcificación, un producto residual de la disolución de carbonatos en procesos cársticos, que carecen de una morfología determinada, ya que se disponen en afloramientos discontinuos tapizando el fondo de dolinas, uvalas y formas menores del carst.

Litológicamente se trata de arcillas pardo rojizas con un cierto contenido en limo y arena, así como fragmentos de rocas carbonatadas. Presentan una potencia variable que está en función de la intensidad del proceso de carstificación y del tamaño de la forma que rellenan.

Desde un punto de vista hidrogeológico se estima que presentan una permeabilidad baja a muy baja, debido a su carácter predominantemente arcilloso, dato éste que contrasta con la permeabilidad media-alta que presentan en general las formaciones carbonatadas sobre las que se desarrolla el carst.

-Características geotécnicas

No se han realizado reconocimientos geotécnicos detallados en estos materiales. No obstante, las observaciones de campo indican que se trata de depósitos arcillosos de extensión reducida y poco consolidados que se comportan como un suelo de consistencia media - blanda.

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

-Características constructivas

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

No obstante, aunque presenten una capacidad portante suficiente en algunos casos para determinados tipos de edificios, se localizan en emplazamientos muy desfavorables (zonas de recarga del carst: dolinas, sumideros, etc.) para proyectar

sobre ellos cargas concentradas. Por este motivo, y a falta de estudios detallados, se aconseja no utilizar estos materiales como terrenos de cimentación.

b. Condiciones para obras de tierra.

.Excavabilidad. De acuerdo con los criterios establecidos en la metodología, estos materiales se consideran terrenos Medios - Blandos, su excavación podrá realizarse por medios mecánicos sin ningún tipo de problemas.

.Estabilidad de taludes. En general van a depender de la extensión del afloramiento y del espesor de los materiales (normalmente pequeño). Pueden producirse pequeños deslizamientos de carácter superficial.

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

.Aptitud para préstamos. Se consideran materiales Inadecuados según los criterios reflejados en la metodología. En algunas situaciones pueden constituir terrenos marginales en cimientos y núcleos de terraplenes, pero nunca en la coronación de los mismos.

.Aptitud para explanada en carreteras. Se trata de Materiales No Aptos, como máximo marginales; precisarán por tanto la extensión sobre ellos de un firme mejorado.

.Obras subterráneas. En general, las obras subterráneas importantes afectarán al sustrato. Obras de menor entidad, encontrarían un terreno difícil, según lo expuesto en la Metodología.

Zona IV₂

-Localización

Los materiales coluvionares aparecen fundamentalmente al pie de los valles y barrancos principalmente. Los canchales aparecen a pie de los principales escarpes y las masas deslizadas se localizan en zonas de pendiente elevada y sobre litologías blandas (recubrimiento superficial o zonas de alteración) o alternantes.

-Características geológicas

Los materiales de la Zona IV₂ corresponden a depósitos cuaternarios contituidos por canchales, coluviones, deslizamientos y formas poligénicas (glacis de acumulación y de cobertera). Desde un enfoque litológico, son depósitos 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, formadas a partir de recubrimientos coluvionares, zonas de alteración superficial y litologías blandas o alternantes.

Aunque en conjunto son depósitos relativamente frecuentes, desarrollan un escaso espesor (3 - 7 m). Presentan un carácter errático.

-Características geotécnicas

Se trata de depósitos escasamente consolidados, donde los problemas geotécnicos van a estar condicionados por la disposición geomorfológica y estratigráfica de los materiales. En esta ocasión se dispone de ensayos geotécnicos procedentes de catas realizadas en depósitos coluviales. A continuación se describen los valores más significativos:

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas

Clasificación de Casagrande:CL

Clasificación de ASSHTO:A-7-6

Indice de grupo:15

P.G.-3Suelo tolerable

Densidad:1,55 gr/cm³

Humedad22%

% pasa tamiz nº 200:68%

Límite líquido:55

Índice plasticidad:35

Densidad máxima Proctor:1.583 gr/cm³

Humedad óptima Proctor:22,5%

Índice C.B.R. 100% densidad Proctor:6

Índice C.B.R. 90% densidad Proctor:0,75

Hinchamiento de Lambe:1,71

A grandes rasgos y en base a los datos existentes, los materiales analizados están constituidos por suelos limo-arcillosos de alta plasticidad, que presentan un cierto contenido en grava y arena. Son materiales que constituyen terrenos tolerables. En cuanto a la expansividad, los resultados del análisis de hinchamiento permiten clasificar estos materiales como No Críticos. No obstante, es aconsejable investigar este parámetro mecánico si se prevén cambios de humedad importantes de los materiales que vayan a soportar una cimentación determinada.

Desde un punto de vista hidrogeológico, estos depósitos van a carecer en conjunto de un nivel freático continuo.

-Características constructivas

a. Condiciones de cimentación. A falta de ensayos geotécnicos puntuales que permitan caracterizar los distintos tipos morfológicos de depósitos que definen esta zona, se pueden considerar los valores normalizados que contienen las diferentes Normas y Códigos. De esta forma, pueden considerarse presiones admisibles entre 1,5 - 2 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.

Los problemas que se pueden plantear en obras de cimentación van a estar relacionados con fenómenos de inestabilidad y erosión en aquellos depósitos que presenten pendientes acusadas.

b.Condiciones para obras de tierra.

.Excavabilidad. De acuerdo con los conceptos establecidos en la Metodología, se trata de un Terreno Medio; su excavación podrá realizarse por medios mecánicos sin dificultad.

.Estabilidad de taludes. En depósitos aluviales, taludes con alturas superiores a 4 m no deberán superar los 30°.

.Empuje sobre contenciones. Se consideran de tipo medio.

.Aptitud para préstamos. En función de los criterios expuestos en la metodología, y previa eliminación de la cubierta vegetal, los materiales de esta Zona se consideran Marginales (suelos unas veces inadecuados y otras tolerables, incluso adecuados).

.Aptitud para explanada en carreteras. Según los términos establecidos en la metodología, se consideran Marginales. En el caso concreto de los suelos coluviales, de los que se tienen datos de ensayos, se pueden clasificar como suelos Tolerables, en los que para conseguir una categoría de Explanada E-3, será necesaria la extensión sobre ellos de un firme de 50 cm de Suelo Seleccionado con C.B.R. ³ 20 o bien, 35 cm de Suelo Adecuado y 15 cm por encima de Suelo Adecuado estabilizado in situ con cemento.

.Obras subterráneas. En general, dado el reducido espesor de los materiales que integran esta Zona, las obras subterráneas afectarán a materiales del sustrato. No obstante, para obras de pequeña envergadura según los criterios de la Clasificación de Bieniawski, nos encontraremos con Terrenos Difíciles, que en principio necesitarán entibación total.

Zona IV₃

-Localización

Constituyen los depósitos fluviales y aluviales de los principales valles y barrancos de la Hoja, alcanzando su máxima expresión en los valles de los ríos Ulzama y Arga.

-Características geológicas

Los materiales de la Zona IV₃ corresponden a depósitos cuaternarios constituidos por terrazas, conos de deyección y depósitos de fondo de valle

Desde un punto de vista litológico, se trata de materiales formados por gravas y cantos de naturaleza calcárea y cuarcítica, arenas, limos y arcillas. Su proporción y distribución es muy variable, desde los niveles de terraza, constituidos por gravas dentro de una matriz arenosa que presenta cierto contenido en finos, hasta los depósitos de fondo de valle, litológicamente muy similares a los de terraza, pero con un mayor porcentaje de finos. En estos materiales, la naturaleza de la fracción gruesa depende del área madre de donde proceden.

-Características geotécnicas

En general, se trata de depósitos escasamente consolidados, donde los problemas geotécnicos están condicionados a la disposición geomorfológica y estratigráfica. En esta ocasión se dispone de ensayos geotécnicos procedentes de catas realizadas en la unidad cartográfica 95: Arcillas, arenas y gravas (aluvial - coluvial) en la vecina Hoja de Gulina (115-III). Esta información no puede hacerse extensiva a todos los materiales que definen la Zona pero sí a los de granulometrías más finas. A continuación se describen los valores más significativos.

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas

Clasificación de Casagrande:CL

Clasificación de ASSHTO:A-7-6

Índice de grupo:15

P.G. 3Suelo tolerable

Densidad:1,63 gr/cm³

Humedad:16%

% pasa tamiz nº 200:68%

Límite líquido:50

Indice plasticidad:29

Densidad máxima Proctor:1,64 gr/cm³

Humedad óptima Proctor:16,4%

Indice C.B.R. 100% densidad Proctor:3,85

Indice C.B.R. 90% densidad Proctor:2,6

Hinchamiento de Lambe:3,24

A grandes rasgos, y en función de los datos existentes, los materiales analizados están constituidos por suelos limo-arcillosos de plasticidad alta o baja según los casos, que presentan cierto contenido en arena y gravas que queda retenido en el tamiz nº 200. El comportamiento de estos materiales en explanadas puede clasificarse en general de regular a malo. Para constituir explanadas de tipo E-1, precisarán sobre ellos la extensión de 50 cm de Suelo Adecuado. Los niveles de gravas, previa eliminación de los tamaños gruesos pueden constituir Suelos Adecuados e incluso Seleccionados.

En cuanto a la expansividad, los resultados del análisis de hinchamiento permite clasificar estos materiales como Marginales. No obstante, es aconsejable investigar este parámetro mecánico si se prevén cambios de humedad importante en los materiales que vayan a soportar un cimentación determinada.

Cabe considerar, antes de acometer cualquier tipo de obra en esta zona, el alto riesgo de avenidas periódicas e inundaciones torrenciales, debido a precipitaciones importantes concentradas, que presentan los principales cursos fluviales, en áreas de llanuras de inundación, fondos de valle y terrazas bajas. Por otro lado pueden producirse pequeños desprendimientos de cantos de escasa relevancia en los bordes de taludes subverticales.

En general, la permeabilidad de estos materiales es muy variable, desde términos permeables a impermeables en aquellas áreas donde exista un alto contenido en finos. El drenaje se realizará bien por escorrentía (zonas de baja permeabilidad), infiltración (terrazas) o por la unión combinada de ambos (depósitos de fondos de valle).

Son unos materiales de fácil excavación, que presentan una capacidad de carga de baja a media, valor éste que varía en función del tamaño del grano, naturaleza de la matriz y, en conjunto, de su densidad relativa.

El hecho de que afloren materiales agresivos en áreas circundantes, hace prever que puedan existir concentraciones de sulfatos que provoquen problemas de agresividad al hormigón. No obstante, el condicionante geotécnico más importante que puede presentar este tipo de depósitos es la presencia de asentamientos diferenciales, debido a la variabilidad litológica que muestran, tanto en la vertical como en la horizontal. Otro problema a tener en cuenta sobre todo en la ejecución de zanjas, es la presencia del nivel freático somero, que origina en muchas ocasiones problemas de agotamiento. En estos casos se hará necesario el empleo de drenajes y técnicas para rebajar el nivel freático.

-Características constructivas

a. Condiciones de cimentación. A falta de un mayor número de ensayos geotécnicos, se pueden considerar los valores normalizados que continen las diferentes Normas y Códigos. De esta forma, en aquellas áreas donde predominan niveles arcillo-arenosos, con espesores apreciables (> 3 m) para una profundidad de cimentación de 1,5 m, se pueden considerar presiones admisibles entre 1,3 y 2 kp/cm². En los niveles de gravas, suponiendo un espesor de las mismas no inferior al ancho de la zapata y en ausencia del nivel freático, se pueden considerar presiones admisibles entre 2,5 -

3,5 kp/cm², valores éstos que quedan reducidos a 1,5 - 2,1 kp/cm² en presencia de nivel freático. Así, para el conjunto de los materiales que definen la Zona IV₃ 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 a una grava de compacidad alta.

No obstante, cuando no se reúnen las condiciones anteriores, las cargas proyectadas sean superiores a las dadas, o también, cuando se trate de depósitos aluviales (con alto riesgo de avenidas), es necesario encontrar niveles profundos más resistentes (incluso el sustrato). En estos casos, el tipo de cimentación será semiprofunda, mediante pozos, o si la profundidad de éstos es superior a 5-6 m, mediante pilotes perforados. Por otro lado, la ejecución de pozos puede presentar problemas de agotamiento.

De lo dicho hasta ahora se deduce que los principales problemas de cimentación van a estar relacionados con la posición del nivel freático; pueden 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 pueden provocar asentamientos diferenciales no admisibles.

b. Condiciones para obras de tierra

.Excavabilidad. En general, todos los materiales que definen la Zona IV₃, se consideran Terrenos Medios; su excavación podría realizarse por medios mecánicos, sin dificultad. Las paredes de zanjas, en función de su localización y profundidad pueden experimentar problemas de inestabilidad y agotamiento en presencia del nivel freático.

.Estabilidad de taludes. Los taludes naturales en depósitos de terraza se mantienen estables, los artificiales en ausencia del nivel freático, se mantienen verticales con alturas pequeñas de 2-3 m; para alturas mayores deben proyectarse taludes 3H: 4V, tomando eventualmente medidas correctoras.

Los taludes artificiales, en material aluvial, cuando se sitúan por encima del nivel freático se mantienen estables, si se corta el nivel freático se producen desmoronamientos.

.Empujes sobre contenciones. En áreas de predominio de materiales finos serán de tipo Medio. En zonas de gravas variarán de Altos a Bajos en función de la presencia o no del nivel freático.

.Aptitud para préstamos. Los depósitos de materiales finos (limos, arcillas) se consideran Marginales de acuerdo con las definiciones establecidas en la metodología. Los niveles de gravas se consideran Aptos, si bien precisan una clasificación que elimine los gruesos (8-10 cm).

.Aptitud para explanada en carreteras. Los depósitos de terraza se consideran entre Aptos y Marginales. Los materiales aluviales en general, se consideran Marginales.

.Obras subterráneas. En general, las obras subterráneas de envergadura afectarán al sustrato. Sin embargo en obras de menor diámetro (conducciones subterráneas) encontrarán Terrenos Difíciles; según lo establecido en la metodología precisarán entibación total.

Zona IV₄

-Localización

Se localiza en dos pequeños afloramientos, próximos al límite meridional de la Hoja, que están constituidas por la acumulación de materiales excedentes de distintas obras viarias.

-Características geológicas

Esta Zona está definida por depósitos antrópicos constituidos por vertidos procedentes de derribos y desmontes, así como por escombreras y almacenamientos abandonados de áridos y explotaciones mineras. Son depósitos que por su naturaleza presentan un marcado carácter errático.

-Características geotécnicas

En esta ocasión no se dispone de ensayos de laboratorio. No obstante, se puede decir que la marcada erraticidad de sus propiedades geomecánicas como consecuencia de

la naturaleza de los materiales y de su heterogénea distribución, determina unos valores de compresibilidad medios - altos según los criterios establecidos en la metodología.

Desde el punto de vista hidrogeológico, son materiales permeables en su conjunto, aunque pueden desarrollarse zonas saturadas por encima de vértidos impermeables. Asimismo, pueden producirse fenómenos de subsidencia por procesos de compactación progresiva.

-Características constructivas

a.Condiciones de cimentación. Los materiales que integran esta Zona, no deben constituir en principio, terrenos de cimentación debido a la baja resistividad que se les supone. No obstante, si sobre ellos se realizasen obras de cimentación, éstas deberían asentarse sobre el sustrato rocoso mediante el empleo de pozos o pilares. También, después de un estudio previo detallado y con una mejora del terreno podría ser de tipo superficial, siempre que las cargas proyectadas sean inferiores a 1 kp/cm^2 .

b.Condiciones para obras de tierra.

.Excavabilidad. Se trata de Terrenos Blandos - Medios, fácilmente excavables.

.Estabilidad de taludes. Los taludes que se observan se mantienen estables. Se estima que los taludes definitivos no deberían superar ángulos de 30° .

.Empuje sobre contenciones. Su magnitud dependerá de la naturaleza de los materiales. En general deben considerarse medios - altos.

.Aptitud para préstamos. Se trata de materiales No Aptos. Puntualmente, en el caso de escombreras o almacenamiento de áridos, según los términos que recoge la metodología, podrían considerarse Aptos dependiendo de su naturaleza.

.Aptitud para explanada en carreteras. Por su composición y heterogeneidad se consideran No Aptos. Precisarán la extensión sobre ellos de una explanada mejorada.

.Obras subterráneas. En función de la Clasificación de Bieniawski, los materiales de esta Zona se encuadrarían en la Clase V: Roca muy Mala (RMR = 20). La ejecución de obras subterráneas requeriría el empleo de métodos especiales.

7. 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.

ARCE, R.; OLMEDO, F., PESQUERA, A. y VELASCO, F.

1984

Metamorfismo de grado bajo y muy bajo en la mitad occidental del macizo de Alduides (Navarra).

I Congr. Esp. Geol. T-II. 15-25.

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-Guía 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.

BERTRAND, L.

1911

Sur la structure géol. des Pyrénées occid. et leurs relations avec les Pyrénées orient. et cent.; essai d'une carte struct. Pyrén.

Bull. Soc. Géol. France, 4 sér., 11, pp. 122-153, 6 figs., 1 pl., Paris.

BOER, H.V.; KRAUSE, H.F.; MOHR, K.; MULLER, R.; PILGER, A. y REQUADT, H.

1974

La région de magnesite d'Eugui dans les Pyrénées Occidentales. Pirineos (C:S:I:C:) 111:21-39.

CAMARA, P. y 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 prépyrénéenne d'Aragon (Espagne), de l'Eocène moyen à l'Oligocène inférieur.

Rev. de Micropl., 31.

CARBAYO, A.; LEON, L. Y VILLALOBOS, L.

1978

Mapa Geológico de España. E. 1:50.000, 2ª Ser., Hoja nº 115 (Gulina).

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.; NIÑEROLA, S. y OTAMENDI, A.

1982

Las aguas subterráneas en Navarra. Proyecto hidrogeológico

Diputación Foral de Navarra, 230 pp.

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.

COLOM, G.

1945

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

Est. Geol. nº 2, pp. 33-84. Madrid.

CORPAS, J.R.

1991

Guía de Navarra.

Ed. El País-Aguilar, 231 pp., Madrid.

DAMESTOY, G.

1961

Etude de la serie devonienne de la vallee du Quinto (Basses - Pyrénées)

C.R. sonom. S.G.F., p. 75-76.

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 - I.T.G.E.

EWERT, F.K.

1964

Geologie des Südteiles des Baskischeu Pyrenäen.

Diss. Univ. Münster, pp 223. Münster.

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

1992

Actualización del Mapa Geológico de Navarra a escala 1.200.000.

Gobierno de Navarra.

FEUILLEE, P.

1965

Contribution á la connaissance du Crétace moyen du Nord et de l'Oueste de la Navarre espagnole.

Actes 4^o Congrès Intern. Etudes Pyrénéenes, Pau-Lourdes, 11,16 sept.1962, 1, sect.1, pp.

FROUTE J.Y.

1988

Le rôle de l'accident d'Estella dans l'histoire géologique Cretace superiere u Miocene des Navarra-Alavais.

These. Université de Pau

GARCIA DE DOMINGO, A.; BLAS, I. y CABRA, P.

1993

Actualización e informatización de la Cartografía Geológica de Navarra a escala 1:25.000. Hoja nº 116-I (Erro). Gobierno de Navarra. Inédito.

GARCIA DE DOMINGO, A.; BLAS, I. Y CABRA, P.

1993

Actualización e informatización de la Cartografía Geológica de Navarra a escala 1:25.000. Hoja nº 116-III (Arce).

Gobierno de Navarra. Inédito.

GARCIA DE DOMINGO, A.; BLAS, I. y CABRA, P.

1993

Actualización e informatización de la Cartografía Geológica de Navarra a escala 1:25.000. Hoja nº 141-I (Cizur).

Gobierno de Navarra. Inédito.

GARCIA DE DOMINGO, A.; BLAS, I. y CABRA, P.

1993

Actualización e informatización de la Cartografía Geológica de Navarra a escala 1:25.000. Hoja nº 141-II (Pamplona).

Gobierno de Navarra. Inédito.

GARCIA - MONDEJAR, J.

1982

Aptiense - Albiense.

In: El Cretácico de España. Univ. Compl. Madrid, pp 63-84.

GARCIA SANSEGUNDO, J.

1991

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

Tesis Doct. Univ. de Oviedo.

GOMEZ DE LLARENA, J.

1950

La magnesita de Eugui (Navarra).

Bol. Soc. Esp. Hist. Nat. Madrid, 48.

HEDDEBAUT, C.

1965

Recherches stratigraphiques et paleontologiques dans le massif des Aldudes (Basses - Pyrénées).

Bul. Soc. Geol. France, 7.

HEDDEBAUT, C.

1967

Observations tectoniques sur le massif des Aldudes (Basses Pyrénées).

C.R. Somm Seances Soc. Geol. France.

HOTTINGER, L.

1961

Acerca de las Alveolinas paleocenas y eocenas

N. y C. IGME, nº 64, p. 37, Madrid.

JOHNS, D.R.; MUTTI, E.; ROSELL, J. y SEGURET, M.

1981

Origin of a thick, redeposited carbonate bed in the Eocene turbidites of the Hecho Group. South-Central Pyrénées.

Geology, 9, pp. 161-164.

KLARR, K.

1971

Der geologische Bau des südöstlichen Teiles vom Aldudes - Quinto Real - Massiv (Spanische Westpyrenäen).

Clausthaler Geol. Abh. II Clausthal - Zellerfeld.

KLARR, K.

1974

La structure géologique de la partie sud-est du Massif des Aldudes - Quinto Real (Pyrénées Occidentales).

Pirineos III.

KULLMANN, J.

1970

Oberdevonische und karbonische Goniatiten-Faunen in den Spanischen Westpyrenäen.

Clausthaler Geol. Abh. H. 12.

LABAUME, P.

1983

Evolution tectono-sedimentaire et megaturbidites du bassin turbiditique eocene sud-pyrénéen.

These 3 éme cicle, USTL, Montpellier, 170 p.

LABAUME, P.; MUTTI, E.; SEURET, M. y ROSELL, J.

1983

Megaturbidites carbonatées du bassin turbiditique de l'Eocene inferieur et moyen sud-pyrénéen.

Bull. Soc. Géol. France, (6), 25 pp.

LABAUME, P.; MUTTI, E. y SEURET, M.

1987

Megaturbidites: A Depositonal Model From the Eoceno of the SW-Pyreanean Foreland Basin Geo-Marine.

Letters 7 pp. 91-101.

LABAUME, P.; SEURET, M. y SYEVE, C.

1985

Evolution of a turbidite foreland basin an analogy with an accretional prism: Example of the Eoceno South-Pyreanean basin.

Tectonics 4 pp. 661-68.

LAMARE, P.

1927

Sur la structure des Pyrénées navarraisses.

C.R. XIVº Congr. Geol. Intern., T. 2, p. 693-698, Madrid.

LAMARE, P.

1931

Sur l'age des couches á facies flysch de la zone sudpyrénéenne en Navarra.

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

LAMARE, P.

1936

Recherches géologiques dans les Pyrénées Basques d'Espagne.

Mem. Soc. Geol. France (N.S.) 12, 27; pp 464. París.

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

1985

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

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

LEON, O. I.

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, O. I.

1985

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

These. Université de Pau.

MAGNESITAS DE NAVARRA, S.A.

1985

Mineralizaciones de magnesita en el anticlinal de Asturreta (Navarra).

Informe interno.

MANGIN, J.P.

1960

Le Nummulitique sud.pyrénéen á l'Ouest de l'Aragon.

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

MANGIN, J.P.

1965

Le segment Basco-Aragonais dun Front Sud-Pyrénéen.

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

MARTINEZ TORRES, L.M.

1989

El Manto de los Mármoles (Pirineo Occidental): Geología estructural y evolución geodinámica.

Tesis doctoral. Univ. País Vasco. 290 pp.

MATTAUER, M. y SEGURET, M.

1971

Les relations entre la chaîne des Pyrénées et le Golfe de Gascogne.

In: Histoire structurale du Golfe de Gascogne, t 1. Publ. Inst. Français Pétrole. Ed. Technip. Pp. IV-4-1 a IV-4-24.

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 láminas.

MIROUSE, R.

1967

Le Dévonien des Pyrénées occidentales et Centrales (France).

Interm. Sympos. Devonian System. Vol., I, pp. 153-170, 1 fig., Calgary.

MOHR, R. y PILGER, A.

1965

Das Nord-Süd-streichende Lineament von Elizondo in den westlichen Pyrenäen.

Geol. Rdsch., 54 (1964), 2, s. 1044-1060, 7 Abb., Stuttgart.

MULLER, J.

1967

Sur la superposition des déformations dans les Pyrénées occidentales.

C.R. Acad. Sc. 265, Sér. D. pp. 400-402, Paris.

MUTTI, E.

1977

Distinctive thin-bedded turbidite facies and related environments in the Eocene Hecho Group (south-central Pyrenees. Spain).

Sedimentology, 24.

MUTTI, E.

1984

The Hecho Eocene Submarine Fan System. South-Central Pyrenees Spain.

Geo-Marine Letters, 3.

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.

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

1992

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

Geogaceta.

PILGER, A.

1974

Dévonien supérieur, Carbonifère inférieur et Namurien avec la magnésite d'Eugui au Sud Ouest du massif d'Aldudes Quinto Real dans les Pyrénées Occidentales espagnoles. Pirineos (C.S.I.C.) III: 129-145.

PLAZIAT, J.C.

1969

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

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

PUIGDEFABREGAS, C.

1975

La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca.

Tesis Doctoral. Pirineos, 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, J.I.; OLIVE, A.; VILLALOBOS, L.; LEON, J. y CARBAYO, A.

1987

Mapa Geológico de España. E. 1:50.000, 2ª Ser., Hoja nº 114 (Alsasua).

REMACHA, I. y PICART, J.

1991

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

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

REQUADT, M.

1974

Aperçu sur la stratigraphie et le facies du Devonien inferieur et moyen dans les Pyrénées Occidentales d'Espagne.

Pirineos, III

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.; 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.

ROSELL, J. y PUIGDEFABREGAS, C.

1975

The sedimentary evolution of the Paleogene south Pyrenean basin.

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

RUIZ DE AGONA, M.

1947

Nota preliminar. El Bartonense en la cuenca de Pamplona.

N. y C. IGME., nº 17, p. 159-166, Madrid.

RUPKE, N.A.

1976

Sedimentology of very thick calcarenite-marlstone beds in a flysch succession, southwestern Pyrénées.

Sedimentology 23.

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

1984

Eoceno seismicity in the Pyrenees from megaturbidites in the south-Pyrenean Basin (North Spain).

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

SOLER y JOSE, R.

1971

Estudio geológico de la Sierra de Aralar (Cuenca Cantábrica Oriental).

Bol. Geol. Min. T. 82, V. Pp 406 - 428.

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, 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.

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

1990

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

AAPG Annual Convention, San Francisco. AAPG. Bul.

VAN DE VELDE, E.

1967

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

Est. Geol.

VILLALOBOS, L. y RAMIREZ DEL POZO, J.

1971

Estratigrafía del Jurásico del NO de Navarra

Cuad. Geol. Ibérica. Vol. 2. Pp, 541-558. Madrid.

VILLALOBOS, L. y RAMIREZ, J.

1974

Contribución al estudio del Cretácico superior de facies flysch de Navarra.

Pirineos III.

WALGENWITZ, R.

1976

Etude petrol. des roches intrusives trias. des ecailles du socle profond et gîtes de chlorite de la région d'Elizondo (Nav., Espag.).

These de l'Université de Besangou, pp. 172.