



Gobierno de Navarra

Departamento de Obras Públicas,
Transportes y Comunicaciones

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE NAVARRA

ESCALA 1:25.000

HOJA 143-II

RONCAL

MEMORIA

La presente hoja y memoria han sido realizadas por COMPAÑÍA GENERAL DE SONDEOS, S.A., habiendo intervenido los siguientes técnicos:

ANTONIO HERNANDEZ SAMANIEGO	Coordinación y dirección.
J. IGNACIO RAMIREZ MERINO	Cartografía Geológica y Memoria
GUILLERMO PORTERO GARCÍA	Cartografía Geomorfológica. Recursos minerales. Memoria
SEGISMUNDO NIÑEROLA PLA	Hidrogeología. Memoria
TECNA	Bases de datos. Digitalización. Geotecnia

ASESORES:

ALFONSO MELENDEZ HEVIA	Sedimentología
MATEO GUTIERREZ ELORZA	Geomorfología
MANUEL POZO RODRIGUEZ	Estudio mineralógico de las Arcillas

(Universidad Autonoma de Madrid)

JOSÉ CASAS SAINZ DE AJA (C.S.I.C.)	Estudio mineralógico de las Arcillas
------------------------------------	--------------------------------------

COORDINACIÓN Y DIRECCIÓN (Gobierno de Navarra):

ESTEBAN FACI

JAVIER CASTIELLA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ESTRATIGRAFÍA	2
2.1. Terciario.....	2
2.1.1. Eoceno.....	2
2.1.1.1. Areniscas y lutitas en facies turbidíticas (218). Brechas calcáreas, bloques de calizas y margas (222,223). Calcarenitas (224). Cuisiense-Luteciense medio.	2
2.1.1.2. Margas, areniscas y algunas capas de calizas resedimentadas (218). Grupo hecho. Cuisiense-Luteciense medio.	3
2.1.1.3. Calcarenitas bioclásticas (234). Megacapa 4 ó de garde-cotefablo. Luteciense medio.	4
2.1.1.4. Brechas calcáreas (250). Brechas de matriz margosa (251). Calcarenitas bioclásticas (252). Megacapa 5 ó de roncal. Grupo hecho. Luteciense medio	5
2.1.1.5. Alternancia de margas y areniscas (218a). Grupo hecho. Luteciense superior	6
2.1.1.6. Calcarenitas bioclásticas (255). Grupo hecho. Luteciense superior	7
2.2. Cuaternario.....	8
2.2.1. Pleistoceno.....	8
2.2.1.1. Cantos, arenas y limos. Glacis (519). Pleistoceno	8
2.2.1.2. Cantos y gravas, limos y arenas. Terrazas (524). Pleistoceno-holoceno.....	8
2.2.2. Holoceno.....	8
2.2.2.1. Cantos y bloques. Canchales (548). Cantos y bloques. Limos y arenas. Coluviones (543). Bloques, limos y arenas. Vertiente de bloques (549). Holoceno.....	8
2.2.2.2. Cantos, bloques, gravas y limos y arenas. Fondos de valle (527) y conos de deyección (536). Holoceno.....	9
3. TECTÓNICA.....	10
3.1. Descripción de las estructuras	11
3.1.1. Unidad cabalgante de urzainqui-isaba	11
3.1.2. Zona intensamente plegada de roncal-vidangoz.....	11
3.1.3. Zona plegada meridional.....	12
4. GEOMORFOLOGÍA.....	13
4.1. Situación y descripción fisiográfica.....	13
4.2. Análisis geomorfológico.....	14
4.2.1. Estudio morfoestructural.....	14
4.2.2. Estudio del modelado	15
4.2.2.1. Formas de ladera	15

4.2.2.2.	Formas fluviales	15
4.2.2.3.	Formas kársticas	16
4.2.2.4.	Formas periglaciares	16
4.2.2.5.	Formas poligenicas	16
4.2.3.	Formaciones superficiales.....	17
4.2.3.1.	Bloques calcáreos. Limos y arenas. Vertiente de bloques (a). Laderas. Holoceno	17
4.2.3.2.	Cantos y bloques calcáreos y de arenisca. Canchales (a). Laderas. Holoceno	17
4.2.3.3.	Cantos y bloques. Limos y arenas. Coluviones (a). Laderas. Holoceno	18
4.2.3.4.	Cantos y gravas. Limos y arenas. Terrazas (b, c). Fluvial. Pleistoceno-holoceno	18
4.2.3.5.	Cantos, bloques y gravas. Limos y arenas. Fondos de valle (d). Fluvial. Holoceno	18
4.2.3.6.	Cantos, bloques y gravas . Limos y arenas. Conos de deyeccion (d). Fluvial. Holoceno 19	
4.2.3.7.	Cantos, arenas y limos. Glacis (e). Poligenico. Pleistoceno	19
4.3.	EVOLUCIÓN DINAMICA	19
4.4.	MORFOLOGÍA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS	20
5.	HISTORIA GEOLÓGICA.....	21
6.	GEOLOGÍA ECONÓMICA	23
6.1.	RECURSOS MINEROS. CANTERAS	23
6.2.	HIDROGEOLOGÍA	23
6.2.1.	Introducción	23
6.2.2.	Unidad hidrogeologica de Pamplona-ochagavia	23
6.2.3.	Unidad hidrogeologica de leyre	24
6.3.	GEOTECNIA.....	25
6.3.1.	INTRODUCCIÓN	25
6.3.2.	ZONACIÓN GEOTECNICA.....	26
6.3.3.	DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES.....	26
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	31

1. INTRODUCCIÓN

La hoja topográfica a escala 1:25.000 de Roncal (143-II) se halla comprendida entre los meridianos 1°01'10,5" y 1°51'10,5" y los paralelos 42°45'04,2" y 42°50'04,2", ocupando una posición nororiental dentro del territorio navarro.

El relieve es abrupto, oscilando entre las cotas de 600 m en el sector meridional, en el río Esca, en el Valle del Roncal, y la de 1684 del pico Calveira, en el borde oriental de la hoja, en las estribaciones de la Sierra de Arrigorieta.

El drenaje se realiza através de una red de barrancos y valles que drenan hacia el Río Esca, que corta a la hoja por la zona central, con marcada orientación N-S. Toda el área pertenece al dominio hidrográfico de la Cuenca del Ebro.

La densidad de población en el ámbito de la hoja es baja, destacamos las poblaciones de Roncal y Urzainqui en el Valle del Roncal, Garde, en el valle del río Gardalar y Vindangoz en el del río Binies.

Desde el punto de vista geológico, la hoja de Roncal se localiza en el contexto pirenaico, en el gran surco del flysch eoceno, conocido como Cuenca de Jaca, que queda enmarcado entre las sierras Interiores, al norte, y las Sierras Exteriores, al sur. Los materiales que la conforman son mayoritariamente margas y areniscas en facies turbidíticas con capas intercaladas, en ocasiones de gran potencia, de brechas carbonatadas y calcarenitas, que constituyen excelentes capas guía dentro del Eoceno de la región y que permiten una subdivisión dentro de estos depósitos a falta de una buena correlación micropaleontológica en las facies turbidíticas.

Desde el punto de vista estructural, la zona se caracteriza por pliegues de marcada orientación E-O, que en conjunto quedan perfectamente dibujados por las crestas que constituyen las megacapas carbonáticas. En ocasiones los pliegues son tumbados y afectados por fallas inversas, cabalgantes hacia el sur. En la esquina NE de la hoja destaca la zona cabalgante hacia el sur de la unidad de Irzainqui.

2. ESTRATIGRAFÍA

2.1. TERCIARIO

2.1.1. Eoceno

En la Hoja de Roncal, los materiales del Eoceno ocupan la totalidad de la misma.

Corresponden, en esencia, a las turbiditas del Grupo Hecho, (MUTTI, et al 1972), que incluyen diversos niveles de calcarenitas bioclásticas en la esquina suroeste, y las megacapas carbonatadas 4 o de Garde-Cotefablo y 5 de Roncal (LABAUME, 1983), que ocupan la mayor parte del centro de la hoja. Por otra parte en la esquina noreste aflora la unidad cabalgante de Urzainqui-Isaba que incluye tres niveles potentes de brechas calcáreas y calcarenitas que al menos en parte corresponden a la M.C.-3 o de Villana. En conjunto estos materiales representan la sedimentación en un surco marino profundo de la cuenca de antepais surpireanica central y su edad es llerdiense-Luteciense superior. Consistiría en un surco alargado de dirección paralela a la cadena y con aportes hacia el oeste. Las potencias estimadas para la serie turbidítica se aproxima a los 4.200-4.400 m., cálculo realizado a partir de los cortes geológicos, debido a la imposibilidad de reconstruir una columna estratigráfica completa por la intensa deformación tectónica a la que han estado sometidos estos materiales.

2.1.1.1. Areniscas y lutitas en facies turbidíticas (218). Brechas calcáreas, bloques de calizas y margas (222,223). Calcarenitas (224). Cuisiense-Luteciense medio.

Esta unidad aflora en la esquina NE de la hoja, donde está formada por un conjunto de materiales de carácter turbidítico que cabalgan sobre los asismismo de caracter turbidítico, aunque mucho más plásticos de la unidad (218), y que presentan en las zonas próximas a la superficie de cabalgamiento estructuras tectónicas de gran intensidad, pliegues invertidos, buzamientos subverticales, pliegues falla, etc, que no presentan los materiales cabalgantes. Estos, se caracterizan por un mayor contenido en fracción arenosa, siendo la realación arena/lutita superior a 1. Se distribuyen en capas de carácter turbidítico en las que las arenosas, que en ocasiones superan 1 m

de espesor, forman bancos tabulares de gran continuidad lateral, distribuidas a su vez en megasecuencias estratocrecientes.

Esta unidad se corresponde en parte con la unidad de BROTO (REMACHA, 1983). Según este autor las secuencias más abundantes son las C2 (secuencia de BOUMA completa) y la D1 (secuencia incompleta por la base con predominio de la arenisca sobre la lutita). Corresponderían, según este mismo autor, a lóbulos deposicionales.

En las laderas del barranco de Urzainqui, al sureste de la población del mismo nombre, pueden reconocerse intercalados entre las turbiditas de esta unidad, hasta tres tramos carbonatados potentes constituidos en la base por brechas calcáreas y a techo por calcarenitas. Estos tres niveles han sido interpretados por LABAUME y SEGURET (1985) como repeticiones tectónicas de la M.C. 3 ó de Villana.

En conjunto pueden alcanzar los 150 m de potencia. En la base está constituida por megabrechas con clastos en ocasiones de tamaños hectométricos de caliza y margas que hacia el techo pasan a tramos de calcarenitas gradadas y margas. Por el estudio de Nannoplanctón en las turbiditas que la circundan LABAUME, et al (1985) las atribuye al Cuisiense superior. A la unidad turbidítica (218) se le asigna una edad Cuisiense-Luteciense medio por posición stratigráfica.

2.1.1.2. Margas, areniscas y algunas capas de calizas resedimentadas (218). Grupo hecho. Cuisiense-Luteciense medio.

Esta unidad cartográfica aflora principalmente en la mitad septentrional de la hoja de Roncal y en los núcleos de los anticlinales al sur de Roncal por debajo del nivel megaturbidítico 5 ó de Roncal.

Litológicamente corresponde a una alternancia de margas de tonos grises y cremas y areniscas turbidíticas de colores grises y ocre, en capas de espesor variable entre centimétrico hasta 2 m. Localmente se intercalan algunas capas decimétricas, de calizas arcillosas de textura mudstone-wackstone, a menudo slumpizadas.

Las areniscas tienen cemento calcáreo, y características de turbiditas en capas finas por lo general, con secuencias de Bouma incompletas del tipo Tcde y Tde principalmente.

Corresponden a sedimentos distales de abanico submarino profundo, con aportes en sentido ONO, procedentes de los deltas desarrollados hacia el Oeste del Anticlinal de Boltaña.

En la zona se presenta intensamente replegada y fallada como puede comprobarse en varios puntos en los desmontes de la carretera de Roncal a Urzainqui, así como en la pista que sale de Vidangoz hacia el norte. Por ello y por encontrarse incompleta se desconoce su espesor, aunque regionalmente se estima entre 700 y 900 m.

Incluye diversos niveles calcareníticos de escasa potencia, raramente superior a los 5 m que se han representado en la cartografía como niveles guía y que junto con la M.C. 4 o de Garde-Cotefablo (que se describirá en el apartado siguiente), constituyen excelentes niveles guía para reconstruir, al menos en parte, la estructura de la zona.

2.1.1.3. Calcarenitas bioclásticas (234). Megacapa 4 ó de garde-cotefablo. Luteciense medio.

Esta unidad cartográfica aflora en el sector comprendido entre Roncal y Ansó (hoja 144) aunque en gran parte de su recorrido solamente se ha cartografiado como nivel guía. Por lo general está intensamente replegada como los materiales turbidíticos de la unidad (218) en los que se incluye.

Corresponde a la parte superior de la megacapa de Garde - Cotefablo o MT4 (LABAUME, 1983).

Está formada por unos 15-20 m. de calcarenitas bioclásticas grises de textura packstone-grainstone, con estratificación grosera. Como estructura interna presentan estratificación cruzada planar a gran escala.

Corresponde a materiales de plataforma resedimentados dentro de la cuenca turbidítica por un evento catastrófico de naturaleza sismotectónica mediante un transporte en medio denso.

La procedencia de estos materiales, aunque controvertida, probablemente sea de las plataformas situadas al norte de la cuenca turbidítica.

Por el contenido en fauna de estas formaciones, corresponden a la parte inferior del Luteciense medio.

2.1.1.4. Brechas calcáreas (250). Brechas de matriz margosa (251). Calcarenitas bioclásticas (252). Megacapa 5 ó de roncal. Grupo hecho. Luteciense medio

Estas unidades forman, en conjunto, la megaturbidita de Roncal o MT5 (LABAUME; 1983).

Afloran ampliamente en la mitad meridional de la hoja, según franjas de orientación ONO-ESE, cortadas transversalmente por los barrancos de los ríos Esca y Buties (sector sur de Vidangoz), donde pueden reconocerse tanto los materiales como las estructuras sedimentarias que contienen.

La unidad cartográfica (250) está formada por unos 45-50 m de brechas de cemento calcáreo con cantos y bloques angulosos y subangulosos de calizas bioclásticas por lo general, aunque localmente pueden llegar a incorporar bloques margosos o de turbiditas. El tamaño de los bloques puede alcanzar los 3 ó 4 hectómetros, como se puede apreciar en los puntos anteriormente citados.

A grandes rasgos el tramo de brechas calcáreas presenta una grosera grano clasificación positiva, haciéndose menor el tamaño de los bloques hacia el techo.

La unidad cartográfica (251) tiene espesores entre 15 y 20 m y esta formada por brechas de matriz margosa con bloques y cantos de calizas bioclásticas englobados.

La unidad (252) está formada por 15-25 m de calcarenitas bioclásticas grises con abundante fauna de alveolinas, nummulites, miliólidos, espículas de erizo, y restos de bivalvos, estratificadas en capas de decimétricas a métricas. Presentan a menudo estratificación cruzada a gran escala, y morfología de barras submareales.

En el conjunto de la megaturbidita de Roncal, en diversos puntos (por ejemplo Barranco del Esca) se observan enormes estructuras de escape de fluidos, que deforman estos niveles dando unas morfologías □en champiñón□.

Se interpretan como materiales de plataforma, resedimentados dentro de la cuenca turbidítica a través de flujos densos. La causa que provoca la ruptura de la plataforma es, probablemente, un evento sismo-tectónico.

Por su posición estratigráfica y por el contenido en formas resedimentadas se les asigna una edad correspondiente a la parte alta del Luteciense medio.

2.1.1.5. Alternancia de margas y areniscas (218a). Grupo hecho. Luteciense superior

La presente unidad cartográfica corresponde al grueso de las turbiditas □clásicas□ del Grupo Hecho, y ocupa la mayor parte del borde meridional de la hoja de Roncal.

Litológicamente están formadas por margas grises y beige estratificadas en capas decimétricas por lo común, aunque eventualmente pueden superar 1 m, entre las que se intercalan areniscas calcáreas de grano fino a medio, y muy raramente grueso, en capas decimétricas por lo general que a veces alcanzan los 2-4 m. de espesor. El color de estos niveles arenosos son de gris oscuro a pardo rojizo.

Las areniscas presentan secuencias de Bouma generalmente incompletas o truncadas, del tipo Tbce, Tcde o Tce. Sólo los niveles más gruesos presentan secuencias más completas (Tabcde y Tbcde).

A techo de las margas grises, y por debajo del siguiente nivel arenoso, suele encontrarse un nivel centimétrico (2-3 cm de media) de margas blancas con características hemipelágicas.

El espesor del conjunto del Grupo Hecho en la zona puede estimarse en unos 3500 m, incluyendo tanto las intercalaciones de megabrechas y calcarenitas que contiene como las turbiditas de edad Luteciense medio y el techo de la sucesión turbidítica o Irurozqui.

Las turbiditas de la unidad (218) corresponden a sedimentos de zonas distales de abanico submarino profundo, en el cual los sectores proximales se situarían hacia el E de la zona de estudio, con facies de cañón submarino y talud en el meridiano de Jaca, y facies deltáicas inmediatamente al Oeste del Anticlinal de Boltaña.

Los sentidos de aporte son hacia el ONO aunque algunos autores (SOLER y PUIGDEFABREGAS, 1970); (REMACHA y PICART, 1991) describen paleocorrientes hacia el S y SE en la parte superior de la serie turbidítica.

La presente unidad cartográfica tiene por su contenido en fauna y posición estratigráfica una edad Luteciense superior.

Las muestras arcillas analizadas en esta unidad han dado los siguientes resultados:

MINERALOGÍA EN FRACCIÓN TOTAL:

Filosilicatos 27

Cuarzo 11

Feldespatos 3 (P)

Calcita 54

Dolomita 5

MINERALOGÍA DE LA ARCILLA:

Illita 70-80%

Clorita 20-30%

2.1.1.6. Calcarenitas bioclásticas (255). Grupo hecho. Luteciense superior

Estas unidades cartográficas corresponden a los niveles calcareníticos de mayor espesor y expresión superficial incluidos entre los materiales turbidíticos de la unidad (218).

Afloran en la esquina suroeste de la hoja de Roncal, permitiendo la definición estructural de la misma al actuar como excelentes niveles guía, ya que dan resaltes sobre el terreno, debido a su mayor competencia sobre las unidades turbidíticas que las engloban.

En general, corresponden a niveles comprendidos entre los 2 y 10 m de espesor de calcarenitas bioclásticas de textura packestone-grainstone con un abundante contenido de Alveolinas, Nummulites, Miliólidos, y restos de bivalvos y equinodermos.

Localmente pueden incorporar una fracción de arenas de grano medio a grueso.

Corresponden a resedimentaciones de calizas de plataforma dentro de la cuenca turbidítica, probablemente provocados por eventos de tipo tectono-sísmico.

El conjunto de estos niveles carbonatados esta comprendido en el intervalo Luteciense superior.

2.2. CUATERNARIO

2.2.1. Pleistoceno

2.2.1.1. Cantos, arenas y limos. Glacis (519). Pleistoceno

Son cantos calcáreos y de arenisca, con notable abundancia de matriz de limos.

Se han cartografiado dos depósitos de este tipo, con un espesor cercano a los 2 m, a los que se atribuye una edad Pleistoceno sin más precisiones.

2.2.1.2. Cantos y gravas, limos y arenas. Terrazas (524). Pleistoceno-holoceno

Estas formaciones se localizan en los ríos Esca y Biniés, representándose dos niveles en el primero y tan sólo uno en el segundo.

Están constituidas por cantos y gravas, con matriz limo-arenosa.

El espesor de estos depósitos oscila entre 0,5 y 1,5 metros siendo su edad Pleistoceno superior-Holoceno.

2.2.2. Holoceno

2.2.2.1. Cantos y bloques. Canchales (548). Cantos y bloques. Limos y arenas. Coluviones (543). Bloques, limos y arenas. Vertiente de bloques (549). Holoceno

Estos depósitos de ladera, poseen escasa representación en el contexto de la hoja estudiada.

Constan de clastos de tamaño comprendido entre poco más de 5 m y algo más del metro, con soporte detrítico (vertientes de bloques y coluviones).

Su potencia oscila entre 1,5 y 3 metros.

Son depósitos subactuales con posible funcionalidad actual.

2.2.2.2. Cantos, bloques, gravas y limos y arenas. Fondos de valle (527) y conos de deyección (536). Holoceno

Son depósitos fluviales constituidos por clastos calcáreos y de materiales del flysch, englobados en detríticos limo-arenosos, con potencias que oscilan entre 1 y 5 m. Son materiales de génesis reciente y actual.

3. TECTÓNICA

Las Hoja de Roncal se localiza, desde un punto de vista estructural, en la vertiente meridional de la Cordillera pirenaica, y hacia la parte occidental de la misma.

El orógeno pirenaico se forma a partir del inicio de la apertura del Golfo de Vizcaya, causado por el giro antihorario de la placa Ibérica y la posterior colisión de la misma contra la placa Europea.

Este proceso tuvo su inicio en el Cretácico superior, prolongándose a lo largo del Paleógeno hasta el Mioceno. Su inicio se realiza en la parte oriental de la cadena, propagándose hacia la occidental a lo largo del tiempo.

A grandes rasgos, la Cordillera pirenaica puede subdividirse en una zona Axial, con afloramiento de materiales paleozoicos e intrusiones graníticas, que en Navarra corresponde a los Macizos de Cinco Villas y Quinto Real. La Zona Axial aparece levantada por cabalgamientos alpinos de escala cortical. En su margen meridional se propagan estas estructuras cabalgantes, involucrando tanto a los materiales paleozoicos como a los mesozoicos y paleógenos, formándose un apilamiento antiformal de láminas cabalgantes alpinas claramente visible en las zonas oriental y central de la cordillera (Sierras Interiores surpirenaicas).

Por delante de las Sierras Interiores tiene lugar la formación de una serie de cabalgamientos cuyo nivel de despegue lo constituye el Tríasico, con dirección de transporte meridional y que se desarrollan, a menudo como cabalgamientos ciegos, hasta la cuenca del Ebro, la cual constituye la cuenca de antepaís meridional del orógeno pirenaico.

En la zona Navarra, estas estructuras están representadas por los cabalgamientos de Leyre, Alaiz e Idocorry-Illón.

Sobre el bloque superior de los mismos, se desarrolla un surco turbidítico conocido como Cuenca de Jaca-Pamplona, el cual constituye una cuenca de tipo piggy-back.

El acortamiento total estimado para el Pirineo varía entre 100 y 150 km, según los distintos autores (ROURE et al, 1989; MUÑOZ, 1992; etc).

En este contexto tectónico, la hoja de Roncal ocupa una parte central del surco turbidítico (Cuenca de Jaca-Pamplona) encontrándose el frente pirenaico hacia el S de la misma, en el cabalgamiento de Leyre y Falla de Loiti.

3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

La Hoja de Roncal presenta tres zonas claramente diferenciadas desde el punto de vista estructural.

En el cuarto noreste destaca la unidad cabalgante de Urzainqui-Isaba. Una zona centro-septentrional en la que las turbiditas del Grupo Hecho están intensamente plegadas y en la mitad meridional que está caracterizada por la presencia de la megacapa de Roncal que constituye el armazón estructural de este sector.

3.1.1. Unidad cabalgante de urzainqui-isaba

En esta zona constituida por los materiales de las unidades (218), (15) y (16) cabalgando a los de la unidad (218), se aprecia una estructura de cabalgamientos estudiada por LABAUME et al (1985), que interpretan diversas láminas cabalgantes limitadas por cabalgamientos subparalelos a la estratificación. Estos cabalgamientos tienen un trazado cartográfico complejo debido tanto a su carácter de bajo ángulo como a su posterior plegamiento.

En esta zona destacan fallas inversas de dirección N-135°E, así como de dirección E-O incurvadas hacia NE. También estructuras anticlinales y sinclinales tumbados de direcciones paralelas a las anteriormente citadas.

3.1.2. Zona intensamente plegada de roncal-vidangoz

Forma una franja de orientación ONO-ESE comprendida entre la unidad descrita anteriormente (al norte) y la falla inversa de Vidangoz-Garde (al sur) que actúa de límite con la zona que se describe en el apartado 2.1.3.

Se caracteriza por que los materiales turbidíticos del Grupo Hecho de la unidad (218) están intensamente plegados y afectados por fallas inversas, pliegues falla, anticlinales y sinclinales tumbados, etc. fácilmente reconocibles por el trazado de los

niveles calcareníticos que contienen. Pueden observarse en la pista que discurre por el barranco de Canbuluzea, transversal al de Garde y como a 1 km al este de esta localidad.

Las estructuras más importantes son la falla de Vidangoz-Garde, de carácter inverso, el anticlinal tumbado de Garde y el anticlinal de Roncal, que también en gran parte de su recorrido presenta sus flancos tumbados.

3.1.3. Zona plegada meridional

Este sector de la hoja está caracterizado por que en él aflora extensamente la Megacapa de Roncal. Esta, por su gran espesor, así como por comportarse como material mucho más competente que los turbidíticos que la rodean, originan un estilo de plegamiento distinto del que caracteriza al resto de la hoja.

Los pliegues sobre estos materiales son de tipo conforme, produciéndose pues disarmonías en su contacto con las turbiditas. Destacan dos estructuras anticlinales que hacia el este se convierten en tumbados y pliegues falla llegando a sumergirse por completo el flanco S del pliegue bajo el cabalgamiento. Entre ambos destaca un sinclinal tumbado con dirección pirenaica con ligeras inflexiones.

En las turbiditas, que afloran tanto a techo como a muro de la Megacapa de Roncal, son frecuentes los despegues capa a capa que pueden llegar a ser verdaderos cabalgamientos, como se aprecia en el puerto de Vidangoz, en la hoja de Gallués.

4. GEOMORFOLOGÍA

4.1. SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

La hoja de Roncal se localiza en su mayor parte en el borde noroccidental de la Comunidad Foral de Navarra, perteneciendo la esquina sureste a Aragón.

Participa del contexto morfoestructural sur-pirenaico, inscribiéndose en sus Sierras Interiores, caracterizadas por relieves abruptos y altitudes que oscilan entre casi los 1700 metros (Calvera) y poco más de los 600 metros en los Valles de los ríos Esca y Biniés, que constituyen las dos arterias fundamentales, junto con el Gardalar.

El conjunto orográfico más representativo es la Sierra de San Miguel, que con altitudes superiores a los 1350 m, recorre el sector meridional con una marcada directriz ONO-ESE, como corresponde a los relieves pirenaicos. Otras alineaciones montuosas destacables son Portillo de López, Bizkarza, Ollagarate, Argarako Zokoa, etc. todos ellos por encima de los 1200 m de altitud.

Se han definido tres grandes dominios o unidades geomorfológicas: Relieves Estructurales, Valles Fluviales e Interfluvios (Relieves en aristas vivas y alomadas).

Se distribuyen de forma irregular dentro del territorio estudiado, alcanzando los primeros su mayor desarrollo en la mitad septentrional y cuadrante suroriental, mientras que los Valles Fluviales (de fondo plano, en artesa y uve) e Interfluvios, se localizan por todo el contexto de la hoja.

Las características geomorfológicas más significativas se refieren a la gran implantación de las formas fluviales de carácter denudacional o erosivo (incisión lineal, que conforma profundos valles en uve y angostas gargantas) separados por aristas e interfluvios de dirección principal NNE-SSO y NNO-SSE.

A este modelado se superpone un conjunto de formas estructurales (escarpes y abruptos cresteríos) de directriz fundamental ONO-ESE.

Las formaciones o depósitos superficiales fluviales se reducen a acumulaciones en valles de fondo plano o morfología en cuna o artesa y orientación submeridiana (Esca, Biniés y Gardalar).

Los procesos de vertiente, poco significativos a efectos deposicionales, se traducen en laderas de bloques, canchales y coluviones (Valles del Esca y Biniés principalmente), siendo, sin embargo numerosas las vertientes afectadas por deslizamientos y descalces de bloques, inducidos, en muchos casos, por acciones antrópicas (deforestación).

El modelado kárstico queda reflejado en los cañones de los ríos Esca (Arrarteas-Las Goteras, al Sur de la localidad de Roncal) y Biniés (aguas abajo de la población de Vidangoz).

Son de destacar, por otro lado, los efectos del periglaciario en las zonas de alta montaña (reptación y terracillas en la Sierra de Sta Barbara) y cabeceras o corredores de avalancha nival en las cumbres de la margen oriental de la hoja.

Por último, las formas poligénicas se reducen a dos depósitos de glaciares en la margen derecha del río Gardalar.

4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

4.2.1. Estudio morfoestructural

Sobre los materiales más consistentes (capas duras del flysch eoceno, brechas calcáreas lutecienses) se desarrolla todo un conjunto de rasgos estructurales entre los que destacan escarpes y cresteríos, que se disponen según la dirección general pirenaica (ONO-ESE).

Los primeros alcanzan su mayor notoriedad en los relieves de Argarako-Zokoa, Puntatxamar y Portillo de López-Bizkarza. Los segundos conforman el eje de la Sierra de San Miguel, fundamentalmente. Son de destacar los modelados en chevron localizados en la vertiente septentrional de la última mencionada.

Por otra parte, se han reflejado en la cartografía una serie de líneas de capa dura, que resaltan morfológicamente, habiéndose señalado su buzamiento cuando resulta evidente.

4.2.2. Estudio del modelado

A continuación se describen las formas del modelado, de origen exógeno, presentes en la hoja, agrupadas en función de su génesis:

4.2.2.1. Formas de ladera

Sobre algunas laderas de perfil cóncavo, se acumulan depósitos procedentes de los niveles superiores: coluviones y vertientes de bloques. Sobre las de perfil rectilíneo se instalan canchales.

Los primeros son frecuentes en la margen derecha del río Esca, aguas abajo de Roncal, mientras que como vertiente de bloques se han señalado las formaciones superficiales localizadas en la Foz de Arrartea, conformadas por materiales calcáreos procedentes de brechas lutecienses.

Los canchales, muy escasos, se distribuyen de forma irregular, sobre todo en la vertiente septentrional de Argibel y Peña de Gazpar, así como al NO del vértice Calvera.

Son frecuentes los deslizamientos en las laderas de acusadas pendientes, viéndose favorecido este proceso, en muchos casos, por los efectos de la deforestación; los más importantes se localizan en la Foz de Arrartea, vertiente meridional de Argaraia-Bizkanzu, ladera S de Mugazarra, etc.

4.2.2.2. Formas fluviales

Como se ha mencionado anteriormente, predominan casi exclusivamente las formas fluviales de carácter denudacional o erosivo: incisión lineal, que conforma redes de tipo dendrítico sobre los materiales del Flysch. Los cauces, al erosionar sobre el sustrato, han generado un complejo conjunto de aristas o interfluvios escarpados y alomados, que llegan a alcanzar más del centenar de metros de altura.

Son frecuentes los modelados en gargantas o cañones fluviales, bien representados en el río Biniés (carretera Burgui-Vidangoz, kms. 3 a 5) y barrancos de Los Castillos y Urralegi.

Existen una serie de saltos de agua o cascadas, algunos de varias decenas de metros de caída y carácter esporádico (Barranco de Odieta).

Las formas fluviales deposicionales se reducen a los fondos de valle de los ríos Esca, Biniés, Gardalar, Barranco de San Juan y Anzka, terrazas en los ríos Esca y Biniés, situadas a + (8-10) m y + (15-18)m sobre el talweg, encontrándose siempre desconectadas del fondo de valle funcional, y por último abanicos o conos de deyección en la Regata de Ibarra (Roncal), y barrancos de Zabaleta y San Juan.

4.2.2.3. Formas kársticas

Reducidas a gargantas o cañones, labrados sobre materiales carbonatados (brechas calcáreas lutecienses). Constituyen las "foces" de Zurrumbutxe (río Biniés) y Arrarteas Las Goteras (río Esca).

4.2.2.4. Formas periglaciares

Se localizan en las cumbres o máximos topográficos de la hoja.

Se han detectado movimientos en masa, gravitacionales, favorecidos y controlados por la provisión del agua líquida que se produce durante el deshielo (creep o reptación). Otros procesos son los corredores o canales de avalancha nival y sus cabeceras asociadas.

Por último se observan terracillas, efecto de la meteorización y arranque fluidal o pseudoplástico, por aguas de fusión o flujo gravitatorio.

4.2.2.5. Formas poligenicas

Se limitan a dos depósitos de glaciares localizados junto a la ermita de Ntra. Sra. de Zuberoa y Done Bitxinti.

4.2.3. Formaciones superficiales

En el capítulo de Estratigrafía de este informe, se realiza una sucinta descripción de los depósitos cuaternarios cartografiados en la hoja de Roncal. A continuación se describen detalladamente en orden a su génesis y edad, expresándose entre parentesis la letra asignada en el Mapa Geomorfológico.

Los depósitos cuaternarios cartografiados, de escasa representación superficial, se refieren a formaciones de ladera (bloques, canchales y coluviones), fluviales (fondos de valle, terrazas y conos de deyección) y poligénicos (glacis).

4.2.3.1. Bloques calcáreos. Limos y arenas. Vertiente de bloques (a). Laderas. Holoceno

Este depósito se localiza en la margen derecha del río Esca (Foz de Arrarteas-Las Goteras).

Consta de bloques calizos de tamaño decimétrico, en algún caso métrico, procedentes de las brechas calcáreas lutecienses que coronan la foz. Todo el conjunto se engloba en una matriz limo-arenosa de color marrón-anaranjado.

La potencia del depósito es de difícil estimación, si bien no debe superar los 2-3 metros.

El proceso se inscribe en tiempos holocenos recientes, incluso actuales, si bien la cobertera vegetal actúa como elemento protector.

4.2.3.2. Cantos y bloques calcáreos y de arenisca. Canchales (a). Laderas. Holoceno

Son formaciones de carácter alóctono o para-alóctono, generados en la zona de contacto entre la atmósfera y el suelo. Se trata de bloques y cantos calcáreos o de arenisca, de morfología angulosa y subangulosa, sin apenas contenido en finos.

Se presentan en formaciones caóticas no ordenadas, de espesores que oscilan entre unos pocos decímetros y unos 2 m.

Son materiales de génesis reciente o actual, que se localizan en la vertiente septentrional de Argibel y Peña de Gazpar, así como al NO del vértice Calvera.

4.2.3.3. Cantos y bloques. Limos y arenas. Coluviones (a). Laderas. Holoceno

Estos depósitos se distribuyen muy escasamente en el ámbito de la hoja: margen derecha del río Esca (al S de Roncal), Bilitxea y Kapitalena (borde occidental y meridional, respectivamente), alcanzando potencias que no superan 1,5 metros.

Constan de cantos y bloques de arenisca y caliza con abundante matriz limo-arenosa.

Su génesis es subactual.

4.2.3.4. Cantos y gravas. Limos y arenas. Terrazas (b, c). Fluvial. Pleistoceno-holoceno

Se localizan en los ríos Esca y Biniés, observándose en el primero de ellos dos secuencias de depósito a +(15-18) y + (8-10) m, ("b" y "c", respectivamente) sobre el cauce fluvial; en el Biniés tan sólo se ha detectado el nivel de + (8-10).

Estos depósitos constan de cantos y gravas subangulosos y angulosos, poco transportados, de naturaleza calcárea, de arenisca y algún canto ígneo de procedencia axial, englobados en una matriz limo-arenosa.

Los clastos se encuentran sueltos (no cementados) y adquieren por lo general una morfología elongada.

La potencia de estas formaciones es muy escasa, entre 0,5 y 1,5 metros. Se inscriben en el ámbito del Pleistoceno superior y probablemente el nivel inferior sea ya Holoceno.

4.2.3.5. Cantos, bloques y gravas. Limos y arenas. Fondos de valle (d). Fluvial. Holoceno

Poseen una litología muy similar a la de las terrazas descritas, con la salvedad de que es notoria la fracción de tamaño bloque (> 30 cm).

Los clastos se presentan de forma caótica debido a la intensidad (torrencial) de la lámina de agua transportadora.

Estos depósitos se observan en los valles de los ríos Esca, Biniés, Gardalar y barrancos de San Juan y Anzka.

Su espesor es difícil de determinar, pero en ningún caso supera los 3 metros.

Son materiales recientes y actuales.

4.2.3.6. Cantos, bloques y gravas . Limos y arenas. Conos de deyección (d). Fluvial. Holoceno

Son formaciones torrenciales que se instalan en la salida de la Regata de Ibarra y los barrancos de Zabaleta y San Juan.

Constan de clastos (cantos, gravas y bloques) subangulosos y subredondeados de arenisca y caliza, empastados en una fracción limo-arenosa.

Su espesor oscila entre 1 y 3 m., siendo su génesis subactual, con posibles reactivaciones.

4.2.3.7. Cantos, arenas y limos. Glacis (e). Poligenico. Pleistoceno

Se han observado en la mitad oriental de la hoja (Ermita de Zuberoa y Done Bitxinti), siendo materiales procedentes del desmantelamiento y transporte por aguas de arroyada de los relieves de Bizkarza y Calvera, por lo que constan de cantos de brechas calcáreas y de naturaleza flyschoides, con abundante matriz limosa.

Se consideran de edad Pleistoceno indiferenciado y su potencia es de unos 2 metros.

4.3. EVOLUCIÓN DINÁMICA

El primer evento de la construcción del relieve hoy observable en la hoja de Roncal debe asociarse al comienzo de la elaboración de los relieves estructurales que

conforman el modelado (escarpes y cresteríos). Este proceso comienza a generarse en tiempos terciarios.

Con posterioridad la acción erosiva debió producir una superficie de aplanamiento de la que los únicos testimonios hoy en día son los depósitos de glaciares de Zuberoa y Done Bitxinti. Dicha superficie se produciría en el Pleistoceno "antiguo".

Las fases frías cuaternarias serían responsables de la construcción de un modelado periglacial, que evoluciona hasta la actualidad (suelos de reptación, terracillas, corredores y cabeceras de avalancha).

Con posterioridad, y ya durante el Pleistoceno más reciente comienza el encajamiento de la red fluvial (primero depósitos de los ríos Esca y Biniés, red de incisión lineal e interfluvios asociados), a los que se superpone la evolución de las vertientes.

Durante el Holoceno se solapan los procesos de erosión denudación y acumulación (profundización de cauces con retoques en la morfología estructural, comienzo de la configuración de los valles actuales, etc.).

Finalmente, desde épocas subactuales hasta el presente se configura el relieve final: valles de fondo plano, artesa y "uve" y modelado de las vertientes, con instalación de laderas de bloques, canchales y coluviones, procesos de tipo torrencial (conos de deyección), etc.

4.4. MORFOLOGÍA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS

En el territorio de estudio existe una clara tendencia al predominio de los procesos erosivos sobre los de acumulación, con pérdidas de suelo, deslizamientos de ladera, descalces y caídas de bloques e incisión de los cauces.

La existencia de una extensa cobertura forestal, atenúa dichos eventos, si bien los procesos de deforestación, aún controlada, inciden muy negativamente en el equilibrio dinámico de las vertientes y los cauces fluviales.

Por todo ello es necesario una evaluación de dichos riesgos mediante una adecuada política de ordenación territorial, a efectos de minimizar riesgos.

5. HISTORIA GEOLÓGICA

La historia geológica de la zona próxima a la hoja se inicia con la transgresión generalizada del Cretácico superior (Cenomaniense). Posteriormente la sedimentación se detendría durante el periodo comprendido entre el Turoniense y parte del Coniaciense, para más tarde iniciarse un nuevo ciclo que duraría hasta el Santoniense inferior, representado por depósitos de una plataforma marina somera, con huellas de una actividad biológica intensa.

A partir del Santoniense superior el substrato experimentó un basculamiento que ocasionaría la emersión en la parte SE de las Sierras Interiores, mientras que hacia el norte causó el hundimiento y profundización de la plataforma (TEIXELL, A. et al 1989). Posteriormente una nueva transgresión durante el Santoniense superior y parte del Campaniense, originaría la sedimentación de calcarenitas ferruginosas en medios someros de alta energía, con una progresiva profundización que daría lugar a depósitos de plataforma externa a talud. Sobre los materiales así originados progradan hacia el NO facies arenosas proximales de edad Campaniense medio, iniciándose un nuevo ciclo que continua con una mayor profundización que reinstaura la sedimentación margosa que culmina con la progradación de las areniscas de Marboré (Unidad cartográfica 3).

A partir de estos momentos la sedimentación pasó a estar controlada por la evolución tectónica del orógeno pirenaico. Así, durante el Paleoceno la sedimentación tuvo lugar en la denominada cuenca Surpirenaica, individualizada como un surco de antepais de dirección subparalela a la cordillera, y que a su vez iba siendo incorporado en las láminas cabalgantes. Este surco estaría limitado al norte por la actual Zona Axial y la parte sur de la Zona Norpirenaica, y al sur por un margen distal que iría sufriendo una migración progresiva hacia el antepais.

En la zona que nos afecta la paleogeografía correspondería a un surco turbidítico de alimentación axial, flanqueado en su margen meridional por las plataformas carbonáticas de la Cuenca de Jaca.

Durante el Ilerdiense inferior prosiguió la sedimentación de plataforma carbonática, pasando hacia el norte de la zona que nos ocupa a una cuenca más profunda de talud margoso con resedimentación de carbonatos. Esta disposición sufriría durante el

Ilerdiense inferior-medio un hundimiento generalizado, dando paso a una sedimentación margosa y brechoide de mayor profundidad, a la vez que las plataformas someras se iría desplazando hacia el sur.

Posteriormente las facies turbidíticas durante el Cuisiense y Luteciense irían apoyándose mediante onlap, sobre las plataformas anteriormente citadas, reflejando una migración progresiva del surco hacia el sur. El basculamiento que experimentarían las plataformas del margen meridional de la cuenca causaría ocasionalmente su desestabilización y resedimentación en forma de flujos gravitatorios, ocasionando las megapacas carbonáticas, a la vez que prosigue la sedimentación turbidítica hasta el Luteciense Superior-Biarritiense.

Las estructuras compresivas alpinas se iniciarían probablemente a partir de estos momentos, en los que se originaría estructuras de cabalgamientos de bajo ángulo.

6. GEOLOGÍA ECONÓMICA

6.1. RECURSOS MINEROS. CANTERAS

En la hoja de Roncal no existen explotaciones mineras, ni existen inventariadas canteras o graveras.

6.2. HIDROGEOLOGÍA

6.2.1. Introducción

La Hidrogeología de la zona es bastante conocida gracias a los estudios que ha realizado el Gobierno de la Comunidad Foral de Navarra. Destaca el Proyecto Hidrogeológico de Navarra, que, desarrollado en dos fases, entre 1975 y 19883, permitio definir las unidades hidrogeológicas y los acuíferos principales de Navarra, así como sus características.

Posteriormente se han realizado otros estudios con objetivos específicos que proporcionan un buen conocimiento de las características hidrogeológicas del territorio, así como de sus posibilidades.

En el mencionado Proyecto Hidrogeológico de Navarra, se definieron 11 unidades hidrogeológicas, de las que en la hoja 1:50.000 de Navascues, se encuentran presentes dos.

Son las siguientes:

-Unidad de Pamplona-Ochagavia, que se desarrolla por casi toda la hoja.

-Unidad de Leyre, que se distribuye por la parte meridional.

6.2.2. Unidad hidrogeologica de Pamplona-ochagavia

Ocupa la mayor parte de la hoja 1/50.000 de Navascués, y está formada por materiales del Paleógeno en facies marinas, constituidos por dolomias y calizas, brechas calcareas y flysch.

En general las tres primeras constituyen acuíferos de distribución irregular, escasa extensión y permabilidad media

Por lo general se tratade acuíferos libres y confinados, cuya recarga se realiza por infiltración del agua de lluvia sobre los afloramientos y cuya descarga se produce por manantiales que no suelen superar los 5 l/seg. De caudal. No obstante se encuentran inventariados una serie de puntos de agua que llegan a rebasar, estacionalmente, los 100 l/seg.

Las aguas de la unidad son en su gran mayoría de dureza media, y presentan una mineralización de ligera a notable. De acuerdo a su composición iónica se puede decir que son aguas bicarbonatado-cálcicas.

6.2.3. Unidad hidrogeológica de leyre

Como ya se ha mencionado, ocupa la parte meridional de la hoja (cuadrantes de Navascués y Salvatierra de Esca).

En sentido geográfico comprende la sierra de Illón.

Está formada por materiales cretácicos y paleógenos de naturaleza calcárea, dolomítica, con niveles margosos.

Estos materiales por efectos de la tectónica, conforman una serie de estructuras complejas con vergencia hacia el Sur, que dan lugar a una serie de afloramientos alargados en dirección E-O, independientes entre si.

Los principales acuíferos los forman las dolomias y calizas del Paleoceno y las calcarenitas del Eoceno, pudiendo considerarse el resto de los materiales como impermeables.

El agua de lluvia se filtra en los acuíferos que se drenan, fundamentalmente, por salidas directas a los cauces de los ríos Era y Salazar.

Los dos puntos de agua más importantes, con caudales superiores a los 100 l/seg. Se localizan en la Foz de Arbayun y en el Barranco de Benasa-La Foz:

Las aguas son de composición química constante, sin cambios acusados en su evolución, resultando ser de dureza media y mineralización ligera y ocasionalmente notable. Por sus facies son siempre bicarbonatadas cálcico-magnésicas o cálcicas.

6.3. GEOTECNIA

6.3.1. INTRODUCCIÓN

Se ha realizado una cartografía geotécnica de la hoja 143 a escala 1:25.000 en la que para definir las características geotécnicas de los materiales se ha tomado como base la cartografía geológica a escala 1:25.000 realizada previamente. Las distintas unidades geológicas se han sometido a un proceso de síntesis, agrupándolas en función de sus características y comportamiento geotécnico.

Para definir las características geotécnicas de los distintos materiales se debe partir como es lógico de datos de ensayos realizados en obras y proyectos, en todos sus aspectos: clasificaciones, resistencia, deformación, cohesión, etc. Sin embargo, la inexistencia de datos de ensayos geotécnicos en la actualidad, en estas hojas, impide realizar un tratamiento estadístico que permita clasificar las unidades.

Por este motivo, para clasificar las unidades geológicas en función de sus características geotécnicas será preciso utilizar otros procedimientos. Estos consistirán en la extrapolación de las características de las mismas unidades de las que se disponga datos en hojas contiguas, mientras que para los materiales de los que no se disponga de ningún dato ni en hojas contiguas, su caracterización consistirá en una descripción basada en las observaciones de campo y datos generales de Normas y Códigos.

En cualquier caso, esta clasificación y los datos que en ella se contienen deben considerarse como meramente orientativos, siendo necesaria la realización de los ensayos pertinentes en cualquier obra o trabajo que se vaya a acometer en estas hojas.

Con esta cartografía se pretende que el usuario disponga de una información general, lo suficientemente objetiva para prever problemas y diseñar una campaña geotécnica puntual.

6.3.2. ZONACIÓN GEOTECNICA

Los distintos materiales que componen los cuadrantes de la hoja 143 se han subdividido en áreas y, estas, a su vez en zonas. El criterio inicial de agrupamiento ha sido fundamentalmente geológico y litológico, al que se han incorporado criterios geotécnicos, teniendo en cuenta las limitaciones que existen en estas hojas, como ya se ha señalado.

La división en áreas resultante es la siguiente:

Área I: Materiales cretácicos (aflorantes unicamente en los cuadrantes III y IV)

Área II: Comprende los materiales terciarios

Área III: Depósitos cuaternarios

Estas áreas, a su vez, se han subdividido en las siguientes zonas:

Área I: Zona Ia

Área II: Zona IIa, IIb, IIc, y IId

Área III: Zonas IIIa

A continuación se describen las distintas unidades, con algunos datos geotécnicos orientativos, que no se corresponden con datos objetivos de ensayos realizados sobre estos materiales. Como ya se ha señalado, la ausencia de investigaciones geotécnicas en estas hojas impide conocer con exactitud sus características.

6.3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES

Zona Ia (solamente para los cuadrantes III y IV)

En el área I de materiales cretácicos, solamente aparece una zona que agrupa los materiales carbonatados constituidos por calizas, dolomías, calcarenitas y areniscas carbonatadas. Unidades de edad Santoniense-Maastrichtiense.

Para un cálculo a nivel de anteproyecto, se pueden considerar los valores que establecen las diferentes Normas y Códigos. Si se procede a eliminar la zona de alteración, pueden soportar presiones admisibles del orden de 10 kp/cm².

En general, pueden considerarse rocas duras con algunas zonas de tipo medio, donde el índice RQD desciende. Los primeros metros alterados son fácilmente excavables, pero el sustrato se considera duro y deberá atravesarse con máquina y eventualmente no será ripable. Son frecuentes los fenómenos kársticos en todos sus afloramientos, mientras que la estabilidad de los taludes artificiales está condicionada por el grado de fracturación y la presencia de niveles con distinto grado de alterabilidad, lo que puede ocasionar caídas por desplomes de los materiales más resistentes.

Zona IIa (solamente para los cuadrantes III y IV)

Como en la zona la esta zona IIa corresponde a los materiales calcáreos de edad Paleoceno e Ilerdiense que forman la base del Terciario en estas hojas.

Son rocas moderadamente duras, menos que sus equivalentes mesozoicos, con resistencia a la compresión simple entre 500 y 1000 kp/cm². Las presiones admisibles que pueden soportar serán menores que en la zona anterior, debido a su menor compactación, a sus características petrológicas y a la presencia de numerosas alternancias de niveles de distinta compacidad. En general no son ripables o poco ripables. El grado de fracturación y diaclasado es elevado, por lo que la estabilidad de los taludes puede ser muy variable en función del grado de fracturación y de disposición de las juntas.

Zona IIb (solamente para el cuadrante IV)

En esta zona únicamente se incluyen los depósitos lutíticos con niveles de micrita de la Unidad 4 correspondiente a la Facies Garumniense.

Se trata, en general de una sucesión de materiales de fina granulometría, donde la litología más abundante corresponde a arcillas.

Con los valores de que se dispone de formaciones similares, se puede establecer que las presiones admisibles se sitúan entre 1,5 y 3 kp/cm², esperándose asientos de consolidación a largo plazo. Este fenómeno será más importante en afloramientos, donde los materiales han estado sometidos a fenómenos de descompresión. Por el contrario, en sustrato la compactación de las arcillas es mayor, por lo que puede aumentar su capacidad de carga.

Son materiales fácilmente excavables. La estabilidad de los taludes construidos sobre estos materiales puede variar a lo largo del tiempo, deteriorándose progresivamente por fenómenos de alteración.

Zona IIc (solamente para los cuadrantes III y IV)

En esta zona se incluyen los materiales margosos carbonatados que no pertenecen a sucesiones turbidíticas o flysch. En la sucesión de la Hoja 143 corresponden con las unidades formados por margas y margocalizas.

Su característica fundamental es la alternancia de niveles de material resistente, correspondiente a los estratos más calcáreos, con otros más blandos, de características margosas. El conjunto puede considerarse con una resistencia que clasificaría los materiales como suelo rígido y roca muy meteorizada. Considerando su R.Q.D. se trataría de una roca de categoría muy mala, es decir, R.Q.E. entre 0 y 25%.

A nivel de anteproyecto se puede considerar una presión admisible del orden de 3 kp/cm², siendo importante considerar las posibles heterogeneidades que suponen la alternancia de niveles blandos y duros. En general son terrenos ripables.

Zona IIId

En esta zona se han incluidos todos los materiales correspondientes en las facies turbidíticas de edad Cuisiense-Lutecinse.

La principal característica de esta zona es la gran variabilidad y alternancia de materiales de muy distintas características geotécnicas, como corresponde a depósitos turbidíticos. Los materiales más abundantes son margas y areniscas alternantes, en algunos casos margas y calizas nodulosas, sobre las que se intercalan

unidades calcáreas en sucesiones de brechas y calcarenitas (Megacapas) o niveles calcareníticos.

Debido a estos condicionantes de sucesiones litológicas, las características geotécnicas de estas unidades son muy variables dependiendo de la mayor o menor presencia de un determinado tipo de litología.

Considerando los niveles más desfavorables, desde el punto de vista geotécnico, en este caso los niveles menos competentes margosos, se pueden establecer, a nivel orientativo una serie de características mínimas.

Las presiones admisibles calculadas para profundidad de cimentación mínima de 1,5-2 m. Generalmente varían para las margas alteradas entre 1,3 y 3 Kp/cm². En los niveles carbonatados, estas presiones aumentan, aunque sería conveniente realizar estudios de resistencia y deformabilidad.

Las zonas alteradas margosas son suelos medios-duros, fácilmente excavables, las margas y areniscas varían entre poco ripables y no ripables, mientras que las zonas brechoides o calcareníticas representan el extremo opuesto siendo ripables.

Los taludes naturales son estables, únicamente presentan el problema de la alteración de las margas que progresivamente van deteriorando el talud. En los materiales más compactos, los taludes estarán influidos por el grado de fracturación y diaclasado que aparezca.

Zona IVa

Incluye todos los depósitos cuaternarios, formados en gran parte por sedimentos detríticos de ladera y aluviales y coluviales. Adquieren su mayor desarrollo a lo largo de los ríos Salazar y Esca.

Litológicamente los materiales de edad cuaternaria están formados en gran parte por sedimentos detríticos, gravas, cantos, arenas, limos y arcillas. Son materiales muy variables litológicamente con diferentes grados de compacidad y resistencia. La mayor parte de sus índices geotécnicos (Clasificación de Casagrande, densidades, límites, etc.) muestran una gran variabilidad.

Son fácilmente excavables. Los taludes naturales se mantienen estables en general en ausencia de nivel freático con alturas pequeñas (2-3 m), pero en el resto de casos, las inestabilidades son frecuentes.

7. BIBLIOGRAFÍA

BARNOLAS, A., et al (1991).- "Evolución sedimentaria entre la cuenca de Graus-Tremp y la cuenca de Jaca-Pamplona". I Congreso Grupo Español del Terciario, Vic, 1191, Libro Guía Excursión, nº 1, 123 p.

BARRERE, P. (1962).- Reliefs mûrs perchés de la Navarre Orientale. Rev. Geogr. des Pyrénées et Sur-Ouest. XXXIII, 26-40.

CAMARA, P., et al (1985).- Interpretación geodinámica de la vertiente centro-occidental surpirenaica (Cuencas de Jaca-Tremp)". Est. Geol. 41, pp. 391-404.

CANUDO, J.I. et al (1988).- "Biocronología con foraminíferos planctónicos de la secuencia deposicional de Jaca (Pirineo aragones): Eoceno medio y superior". Congre. Geol. de España, Comunicaciones, 1, pp. 273-276.

CARBAYO, A. et al (1978).- "Mapa Geológico de España. E. 1/50.000, 2ª serie. Nº 117: OCHAGAVIA; IGME.

ESTRADA, M.R. (1982).- "Lóbulos deposicionales de la parte superior del Grupo de Hecho entre los anticlinales de Boltaña y el río Aragón (Huesca)". Tesis doctoral. Univ. Autónoma de Barcelona, 164 p.

JOHNS, D.R. et al (1981).- "Origin of a thick, redeposited carbonate bed in the Eocene turbidites of the Hecho Group, South-Central Pyrenees, Spain". Geology, 9, pp. 161-164.

LABAUME, P. (1983).- "Evolution tectono-sédimentaire et Mégaturbidites du bassin turbiditique eocène sud-pyrénéen (entre les transversales Col du Somport-Jaca et Pic d'Orhy-Sierra de Leyre)". Thème 3ème cycle, USTL, Montpellier, 170 p.

LABAUME, P. et al (1983).- "Mégaturbidites carbonatées du bassin turbiditique de l'Eocène inférieur et moyen sud-pyrénéen". Bull. Soc. Geol. France (206). 25, pp. 927-941.

LABAUME, P. et al (1987). "Megaturbidites: A Depositional Model From the Eocene of the SW-Pyrenean Foreland Basin, Spain". Geol., Marine Letters, 7, Pp. 91-101.

LABAUME, P. et al (1985).- Evolution of a turbiditic foreland basin an analogy with an accretionary prism: Example of the Eocene South-Pyrenean basin". Tectonics, 4, pp., 661-685.

LEON, L. (1972).- "Síntesis paleogeográfica y estratigráfica del Paleoceno del norte de Navarra. Paso al Eoceno". Bol. IGME. 83, pp. 234-241.

MANGIN, J. PH. (1959-60).- "Le nummulitique sud-pyrénéen à l'ouest de l'Aragon". Pirineos, 51-58, pp. 1-631.

-
- MUÑOZ, J.A. (1992).- "Evolution of a Continental Collision Belt: ECORS-Pyrenees Crustal Balanced Cross-section". In: Mc. Clay, K.R. (Thrusts Tectonics), eds, pp.
- MUTTI, E. (1977).- "Distinctive thin-bedded turbidite facies and related environments in the Eocene Hecho Groups (south-central Pyrenees, Spain)". *Sedimentology*, 24, pp. 107-131.
- MUTTI, E. (1984).- "The Hecho Eocene Submarine Fan System, South-Central Pyrenees, Spain". *Geo-Marine Letters*, 3, pp. 199-202.
- MUTTI, E., et al. (1979).- "The role of sedimentary by-passing in the genesis of fan fringe and basin plain turbidites in the Hecho Groups System (South-Central Pyrenees)". *Mem. Soc. Geol. Italia*, 18, pp. 15-22.
- MUTTI, E. et al. (1972).- "Schema stratigrafico e lineamenti di facies del Paleógeno Marino della zona centrale sudpirenaica tra Tremp (Catalogna) e Pamplona (Navarra)". *Mem. Soc. Geol. Italia*, 11, pp. 391-416.
- MUTTI, E. et al (1975).- "Turbidite facies and facies associations". In: *Examples, of turbidite facies and facies association form selected formations of the northern Appennines. Field trip Guidebook, IX Int. Congr. Sediment. A 11*, pp. 21-36.
- PUIGDEFABREGAS, C. (1975).- "La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca". *Pirineos*, 104, 108 p.
- PUIGDEFABREGAS, C. et al (1978).- "Memoria del Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª serie, hoja nº 143, Navascués. IGME.
- PUIGDEFABREGAS, C. et al (1975).- "The sedimentary evolution of the Jaca Basin". In: J. Rosell y C. Puigdefabregas (eds): "The sedimentary evolution of the South Pyrenean Basin. Exc. Guidebook, I.A.S. 9th International Congresss, Nice, part. C, 33 p.
- PUIGDEFABREGAS, C. et al (1986).- "Tecto-sedimentary cycles and depositional sequences of the Mesozoic and Tertiary from the Pyrennes". *Tectonophysics*, 129, pp. 173-203.
- REMACHA, E. (1983).- "Sand tongues de la Unidad de Broto (Grupo de Hecho) entre el anticlinal de Boltaña y el río Osia (prov. de Huesca)". Tesis Doct. Univ. Autónoma de Barcelona, 163, p.
- REMACHA, E. et al (1987).- "Precisiones sobre los límites de la secuencia deposicional de Jaca. Evolución de las facies desde la base de la secuencia hasta el techo de la arenisca de Sabiñanigo". *Bol. Geol. y Min.* 98, pp. 40-48.

-
- REMACHA, E. y PICART, J. (1991).- "El complejo turbidítico de Jaca y el delta de la arenisca de Sabiñanigo. Estratigrafía. Facies y su relación con la tectónica". I Congreso del grupo Español del Terciario. Vic. 1991, Libro-Guía, excursión nº 8, 116 p.
- ROBADOR, A. (1990).- "Early Paleogene Stratigraphy" In. "Introduction to the early Paleogene of the south Pyrenean basin, Field trip guidebook". I.G.C.P. Project 286 (Early Paleogene Benthos). IUGS-UNESCO, Cap. 2, pp-41.87.
- ROSELL, J. et al (1975).- "The sedimentary evolution of the Paleogene south Pyrenean basin". IAS 9th. International Congress. Nice, July 1975.
- ROURE, F.; CHOUKRONE, P.; BERASTEGUI, X., MUÑOZ, J.A.; VILLIEN, P. MATHERON, P.; BAREYT, M.; SEGURET, M., CAMARA, P. & DERAMOND, J. (1989).- "ECORS Deep Seismic data and balanced cross sections: Geometric constraints on the evolution of the Pyrenees". Tectonics, Washington, 8, 1, pp. 41-50.
- RUPKE, N.A., (1972).- "Geologic studies of and Early and Middle Eocene flysch formation, south-western Pyrenees, Spain". Ph. D. Thesis, Princeton University, 208 p.
- SANCHEZ CARPINTERO, I. (1972).- "Estudio Geológico de las Sierras de Leyre y Navascués". Contribución al conocimiento estratigráfico. Tesis Navarra.
- SEGURET, M. (1972).- "Etude tectonique des nappes et séries décollées de la partie centrale du versant sud des Pyrénées. Caractère synsédimentaire, rôle de la compression et de la gravité". Publ. Ustela. Série Géol., Struct. 2, Montpellier, 155 P.
- SEGURET, M. et al (1984).- "Eocene seismicity in the Pyrenees from megaturbidites in the South-Pyrenean Basin (North Spain)". Mar. Geol. 55, pp. 171-131.
- SELZER, G. (1934).- "Geologie der Sudpyrenaische Sierrren in Ober-aragonien". Neues Jhrb. Geol. Pal. Min. 88, Abt. B. 370-406. Traducción española (1948). Publ. Extranj. Sobre Geología de España, C.S.I.C. Madrid.
- SIMO, A. (1989).- "Upper Cretaceous platform-to-basin depositional sequence development, Tremp basin, south-central Pyrenees". In: P. D. Crevello, J.L. Wilson, J.F. Sarg y J. Read (eds), Controls on carbonate platform and basin development, S.E.P.NM. Spec. Publ. 44, pp. 365-378.
- SOLER, M. et al. (1970).- "Lineas generales de la geología del Alto Aragón occidental". Pirienos, 96, pp. 5-19.
- SOUQUET, P. (1967).- "Le Cretacé supérieur sudpyrenéen en Catalogne, Aragon et Navarre". Thèse d'Etat, Univ. De Toulouse, 529 p.

TEIXELL, A. (1990). "El Cretácico superior en la terminación occidental de la Zona Axial Pirenaica". *Geogaceta*, 8, pp. 84-86.

VAN ELSBERG, J.N. (1968).- *Geology of the upper Cretaceous and part of the lower Tertiary, North of hecho and Aragües del Puerto (Spanish Pyrenees, province of Huesca)*". *Est. Geol.* 24, pp. 39-77.