



Gobierno de Navarra

Departamento de Obras Públicas,
Transportes y Comunicaciones

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE NAVARRA

ESCALA 1:25.000

HOJA 143-III

NAVASCUÉS

MEMORIA

La presente hoja y memoria han sido realizadas por COMPAÑIA 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. MESOZOICO	2
2.1.1. Cretácico superior	2
2.1.1.1. Calizas recristalizadas grises y dolomías (164). Santoniense	2
2.1.1.2. Areniscas de cemento calcáreo y calcarenitas (191). Maastrichtiense	2
2.2. Terciario	3
2.2.1. Paleoceno	3
2.2.1.1. Dolomías, calizas dolomíticas y calizas de algas (204). Daniense-Thanetiense.....	3
2.2.1.2. Margas y margocalizas (207). Thanetiense	4
2.2.2. Eoceno.....	4
2.2.2.1. Calizas de alveolinas (211). Ilerdiense-cuisiense	5
2.2.2.2. Alternancia de margas y margocalizas (212). Ilerdiense-cuisiense	5
2.2.2.3. Calcarenitas bioclásticas (215). Cuisiense superior-Luteciense inferior-medio?	6
2.2.2.4. Margas, areniscas y niveles de calcarenitas (218). Calcarenitas bioclásticas (255). (cuisiense-Luteciense superior).....	7
2.2.2.5. Margas y calizas nodulosas resedimentadas (231). Grupo hecho. Cuisiense-Luteciense inferior-medio?	8
2.2.2.6. Margas, areniscas y algunas capas de calizas resedimentadas (218a). Grupo hecho. Cuisiense-Luteciense medio	8
2.2.2.7. Margas y niveles de calizas nodulosas (254). Grupo hecho. Luteciense medio-superior 9	
2.2.2.8. Calcarenitas bioclásticas (255). Grupo hecho. Luteciense medio-superior	10
2.2.2.9. Alternancias de margas y areniscas (218). Grupo hecho. Luteciense superior.....	10
2.2.2.10. Margas, areniscas y calizas (249). Flysch margoso de Irurizqui. Luteciense superior- Biarritziense	12
2.3. Cuaternario	12
2.3.1. Pleistoceno	12
2.3.1.1. Cantos en matriz limoarcillosa. Glacis degradados (519). Pleistoceno.....	12
2.3.1.2. Gravas, arenas y limos. Terrazas. (524). Pleistoceno	13
2.3.2. Holoceno.....	13
2.3.2.1. Cantos en matriz limoarcillosa. Coluviones (543) y cantos con escasa matriz. Cancales (548).	13
2.3.2.2. Gravas, arenas y arcillas (fondos de valle).(527) cantos en matriz limoarcillosa (conos de deyección). (536).	14

2.3.2.3. Cantos en matriz limoarcillosa. Depositos aluvial-coluvial (537).	14
3. TECTÓNICA.....	15
3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS	16
3.1.1. Cabalgamientos de Idocorri e Illón	16
3.1.2. Zona de fracturas de la vertiente septentrional de la sierra de Leyre	17
3.1.3. Área de pliegues laxos septentrional.....	17
4. GEOMORFOLOGÍA	18
4.1. SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA	18
4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO	19
4.2.1. Estudio morfoestructural	19
4.2.2. Estudio del modelado	20
4.2.2.1. Formas de ladera	20
4.2.2.2. Formas fluviales	21
4.2.2.3. Formas karsticas	22
4.2.2.4. Formas poligenicas	22
4.2.2.5. Formas lacustres	23
4.2.3. Formaciones superficiales.....	23
4.2.3.1. Cantos en matriz limoarcillosa. Glacis degradados. (e). Poligenico.pleistoceno.	23
4.2.3.2. Gravass, arenas y limos. Terrazas. (b,c). Fluvial. Pleistoceno.....	24
4.2.4. HOLOCENO.....	24
4.2.4.1. Cantos en matriz limoarcillosa (coluviones) y cantos sin apenas matriz (canchales), (a). Laderas. Holoceno.	24
4.2.4.2. Gravass, arenas y arcillas (fondos de valle). Cantos en matriz limoarcillosa (conos de deyeccion). (d). Fluvial. Holoceno.	25
4.2.4.3. Arcillas con materia orgánica. Zonas endorreicas (f) lacustre. Holoceno	25
4.2.4.4. Cantos en matriz limoarcillosa. Depositos aluvial-coluvial (e). Poligenico. Holoceno.	25
4.3. EVOLUCIÓN DINÁMICA	26
4.4. MORFOLOGÍA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS.....	26
5. HISTORIA GEOLÓGICA.....	28
6. GEOLOGÍA ECONÓMICA	30
6.1. RECURSOS MINEROS. CANTERAS	30
6.2. HIDROGEOLOGÍA	30
6.2.1. Introducción	30
6.2.2. Unidad hidrogeologica de Pamplona-ochagavia	30
6.2.3. Unidad hidrogeologica de leyre	32

6.3. GEOTECNIA.....	33
6.3.1. INTRODUCCIÓN	33
6.3.2. ZONACIÓN GEOTECNICA.....	34
6.3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES.....	35
7. BIBLIOGRAFÍA.....	39

1. INTRODUCCIÓN

La hoja topográfica a escala 1:25.000 de Navascués (143-III) se halla comprendida entre los meridianos 1°11'10,5" y 1°01'10,5" y los paralelos 42°40'04,2" y 42°45'04,2", ocupando una posición nororiental dentro del territorio navarro.

El relieve es abrupto, oscilando entre las cotas de 600 m en el Valle del Río Salazar y la de 1440 en la Sierra de Illón.

El drenaje se realiza através de una red de barrancos valles que drenan hacia los valles del río Salazar y del río Esca en la vecina hoja de Salvatierra de Esca (143-IV). Toda el área pertenece al dominio hidrográfico de la Cuenca del Ebro.

La densidad de población en el ámbito de la hoja es baja, destacando las poblaciones de Navascués, Bigüezal y Aspurz.

Desde el punto de vista geológico, la hoja de Navascués 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 de 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. También aunque en menor proporción, afloran en las proximidades de la Sierra de Illón, en donde se pueden reconocer con detalle en las laderas del Río Salazar en el corte que produce en los materiales de la sierra, así como en la Foz de Arbayun, los sedimentos carbonatados de edades comprendidas entre el Santoniense (Cretácico superior) y el Ilerdiense (Eoceno inferior), entre los que pueden apreciarse intercalaciones detríticas correspondientes al Maastrichtiense. Desde el punto de vista estructural, la zona se caracteriza por pliegues de marcada orientación E-O, relativamente suaves en la mitad septentrional de la hoja, y con estructuras tumbadas y cabalgamientos hacia el sur, en la mitad meridional de la misma.

2. ESTRATIGRAFÍA

2.1. MESOZOICO

2.1.1. Cretácico superior

Los materiales del Cretácico Superior son los más antiguos aflorantes en la Hoja de Navascués, localizándose en la Sierra de Idocorri y estribaciones de la de Leyre e Illón.

2.1.1.1. Calizas recristalizadas grises y dolomías (164). Santoniense

Afloran en la Foz de Aspurz, formada por el río Salazar al atravesar la Sierra de Idocorri.

Están formadas por 140 m. de espesor visible de calizas de tonos grises en superficie, de textura wackstone a packstone por lo común, bien estratificadas en bancos decimétricos a métricos. Presentan un abundante contenido en bioclastos de ostreidos, rudistas, equinodermos, corales, miliólidos y foraminíferos. Las calizas suelen estar recristalizadas, y en ocasiones dolomitizadas. Hacia el techo presentan una intercalación de margas arenosas de espesor decamétrico.

Se interpretan como sedimentos correspondientes a barras bioclásticas dentro de la plataforma.

Por su contenido faunístico (*Lituola irregularis*, *Areobulimina d'orbigni*, *Globotruncana stuarti*, *Pseudovalvulineria monterelensis*, etc.) se les atribuye una edad Santoniense.

2.1.1.2. Areniscas de cemento calcáreo y calcarenitas (191). Maastrichtiense

Esta unidad aflora extensamente en las Foces de Arbayún y Aspurz, así como en la ladera que desde la Sierra de Illón desciende hacia la Foz de Burgui, en la vecina hoja de Salvatierra de Escá.

Por su posición estratigráfica y facies, esta unidad es correlacionable con la Formación Areniscas de Marboré, definida por SOUQUET, 1967, en el Pirineo Central.

En la serie de Aspurz están formadas por unos 170 m de areniscas de grano fino y tonos ocre, estratificadas en bancos entre 30-50 cm hasta 2-3 m.

Posen matriz calcárea por lo común, aunque hacia techo de la sucesión el cemento puede ser dolomítico. También pueden incluir niveles de acumulación de bioclastos (ostreidos, foraminíferos, etc.), llegando a constituir calcarenitas arenosas.

Como estructuras sedimentarias presentan estratificación cruzada planar, abundante bioturbación y superficies endurecidas. Se interpretan como sedimentos de plataforma sometida a procesos de oleaje y tormentas.

Por su contenido faunístico (Siderolites calcitrapoides, Nummofallotia cretácea, Orbitoides media) y posición estratigráfica, tienen una edad Maastrichtiense, pudiendo existir en su base un hiato que abarcaría el Campaniense.

2.2. Terciario

2.2.1. Paleoceno

El Paleoceno de la región se presenta en facies calcodolomíticas, localizándose en los mismos sectores que el Cretácico, es decir, en las Sierras de Idocorri, Illón y Leire, así como en las Foces de Arballún y Burgui.

2.2.1.1. Dolomías, calizas dolomíticas y calizas de algas (204). Daniense-Thanetiense

Se encuentran en los sectores anteriormente citados, estando por formadas por unos 30 m de dolomicritas beiges y grises recrystalizadas, estratificadas en bancos decimétricos. Por encima se sitúan unos 25 m de calizas dolomíticas de textura mudstone de tonos claros, en bancos de 30-40 cm, sobre las que se disponen niveles de calizas arenosas con textura wackestone-packstone y calizas de algas de tipo mudstone con restos de corales foraminíferos con espesor de 20 m.

Sedimentológicamente se atribuyen a depósitos de plataforma somera, con episodios transicionales lacustres-palustres representados por los niveles de calizas dolomíticas (ROBADOR, 1990) y desarrollo hacia el techo de montículos arrecifales.

El contenido faunístico de la unidad es relativamente abundante, pudiendose destacar *Globigerina* cf. *Triloculinoides*, *Discocyclina* *seunesi*, *Planorbulina* *antiqua* y *Lithothamnium* sp, que permiten asignar al conjunto de la unidad una edad comprendida entre el Daniense y el Thanetiense.

2.2.1.2. Margas y margocalizas (207). Thanetiense

Esta unidad cartográfica aflora exclusivamente en el límite Este de la hoja de Navascués, en la terminación oriental de la Sierra de Illón.

Corresponde estratigráficamente a la parte superior de la unidad descrita en el epígrafe anterior, la cual, por sus características litológicas, es diferenciable en los flancos de la combe anticlinal de la Foz de Burgui.

Aquí está formada por unos 20-25 m de margocalizas y calizas de algas, estratificadas en bancos de 20-30 cm que se hacen margosas hacia el techo, llegando a alternar con niveles decimétricos de margas.

Se interpretan como sedimentos de plataforma somera con bioconstrucciones de carácter algal.

Por su contenido en foraminíferos (*Globigerínidos*, *Rotálidos*, etc.) y algas (*Lithothamnium*) se les atribuye una edad Thanetiense.

2.2.2. Eoceno

En la hoja de Navascués los materiales del Eoceno son los que ocupan mayor extensión, y están formados por una serie carbonatada en su parte inferior que constituye el grueso de las vertientes septentrionales de las Sierras de Idocorri, Illón y Leyre, y por una potente sucesión de carácter turbidítico en su parte superior que representa el relleno sinorogénico de la cuenca de antepaís surpirenaica (Cuenca de Jaca-Pamplona).

2.2.2.1. Calizas de alveolinas (211). Ilerdiense-cuisiense

Esta unidad cartográfica constituye un nivel fuertemente competente que genera el almacén estructural de las Sierras de Leyre, Illón e Idocorri, formando extensas superficies estructurales que destacan en el relieve.

Se trata de calcarenitas bioclásticas de colores grises que en ocasiones pueden ser bastante arenosas e incluso microconglomeráticas, con gravas de cuarzo y caliza. Se presentan bien estratificadas en bancos desde decimétricos a métricos. Localmente pueden incorporar intercalaciones margosas, como se observa en el corte del Río Salazar al S de Aspurz. Se diferencian de las calizas thanetienses por su abundante contenido en bioclastos de Alveolinas y Nummulites.

El espesor medio de la unidad es de 50-60 m. En el corte de Aspurz presenta una potencia de 65 m, formados por una barra calcarenítica inferior de 30 m, un tramo intermedio de 20 m de alternancias de calcarenitas bioclásticas y margas grises y otra barra calcarenítica superior con 15 m.

Como estructuras sedimentarias se aprecian estratificaciones cruzadas a gran escala, y en ocasiones granoclasificación positiva de los bioclastos.

Se interpretan como depósitos de plataforma somera, probablemente formados dentro de un sistema de barras submareales.

El abundante contenido fosilífero de la unidad (Alveolina aragonensis, A., cf. Schwageri, A. Cf. rotundata, A. Cf. Decipiens, Glomalveolina lepidula, Nummulites atacicus, N. Cf. Globulus, N. Aff. Hevigatus, etc.) permiten asignarla al intervalo Ilerdiense-Cuisiense, no descartándose que localmente pudiera alcanzar el Luteciense inferior.

2.2.2.2. Alternancia de margas y margocalizas (212). Ilerdiense-cuisiense

Estos materiales afloran ampliamente en el flanco septentrional de la Sierra de Leire y de manera más parcial en la escama tectónica de la Sierra de Illón.

Se trata de una alternancia de margas grises, que en ocasiones incluyen niveles milimétricos de margas limolíticas de tonos ocre-anaranjados, y calizas nodulosas grises de textura mudstone estratificadas en niveles entre 20 cm y 1 m. El espesor de la unidad es de unos 40-50 m, predominando en la base los términos margosos. Frecuentemente se observan niveles de slumps, que en ocasiones toman el aspecto de una auténtica brecha.

Localmente (por ejemplo, al sur de Bigüezal) se aprecian en los niveles más carbonatados estratificaciones cruzadas de tipo hummocky. Se interpretan como sedimentos de plataforma externa por encima del nivel de base del oleaje de tormentas.

Por su posición estratigráfica se les atribuye una edad comprendida entre el Ilerdiense y el Cuisiense.

2.2.2.3. Calcarenitas bioclásticas (215). Cuisiense superior-Luteciense inferior-medio?

Esta unidad cartográfica se localiza en la mitad occidental de la hoja, en ambos márgenes del río Salazar.

Esta formada por calizas bioclásticas grises de textura wackstone-grainstone, estratificadas en bancos decimétricos, entre las que se intercala un tramo de calizas arcillosas y margas. Presentan un contenido abundante de microfauna nerítica (Nummulites, Alveolinas, etc.).

Presentan estructuras sedimentarias de tipo estratificación cruzada, pudiéndose asignar a sedimentos de plataforma bajo condiciones de alta energía.

Hacia el E cambian lateralmente a las turbiditas de la unidad cartográfica (218).

Por su contenido faunístico se le atribuye una edad comprendida entre el Cuisiense superior y el Luteciense inferior-medio.

**2.2.2.4. Margas, areniscas y niveles de calcarenitas (218).
Calcarenitas bioclásticas (255). (cuisiense-Luteciense superior)**

Al Sur de la Sierra de Illón, y también en posiciones internas de la misma, se encuentra una serie de naturaleza turbidítica de espesor reducido respecto a la gran cuenca turbidítica que se extiende hacia el Norte.

La ausencia de continuidad física de los afloramientos de ambos, así como de niveles guía en el sector meridional que pudieran permitir correlaciones, ha hecho aconsejable diferenciar cartográficamente ambos sectores.

Las turbiditas de la unidad están formadas por una alternancia de margas y areniscas con predominio de las primeras. Entre ellas, se intercala algún nivel de calcarenitas bioclásticas, cartografiadas como líneas de capa y que localmente (vertiente S de la sierra de Idocorry, extremo E de la vertiente meridional de la Sierra de Illón) se ha podido diferenciar cartográficamente como unidad 255 al alcanzar espesores del orden de los 10 m.

Corresponden a facies distales de los abanicos turbidíticos de procedencia oriental que constituyen los sedimentos del Grupo Hecho (MUTTI et al 1972).

De acuerdo con DEL VALLE, J., PUIGDEFABREGAS, C. y SÁNCHEZ CARPINTERO, I., se les atribuye a la unidad turbidítica una edad comprendida entre el Cuisiense superior y el Luteciense superior.

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

MINERALOGÍA EN FRACCIÓN TOTAL:

Filosilicatos37

Cuarzo16

Feldespatos5 (P)

Calcita39

Dolomita3

MINERALOGÍA DE LA ARCILLA:

Illita70-80%

Clorita20-30%

**2.2.2.5. Margas y calizas nodulosas resedimentadas (231).
Grupo hecho. Cuisiense-Luteciense inferior-medio?**

Esta unidad constituye el tramo basal del Grupo Hecho al N de las Sierras de Illón e Idocorry.

Está formada por unos 100-110 m de margas de tonos claros entre las que se intercalan niveles de 10-20 cm de calizas micríticas grises nodulosas. Hacia la base de la serie, estos niveles se encuentran resedimentados (slumpizados), constituyendo una auténtica brecha margosa matriz soportada que intercala frecuentes cantos redondeados de caliza.

Localmente también aparecen algunos niveles de calcarenitas bioclásticas de textura packstone-grainstone de hasta 1,3 m de espesor y con secuencias de Bouma de tipo Tabce.

Por sus características sedimentarias se asigna a la unidad ambientes distales de plataforma externa, con frecuentes aportes de material resedimentado.

Por su posición estratigráfica se atribuye una edad desde el Cuisiense hasta el Luteciense inferior-medio?.

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

La presente unidad cartográfica corresponde a los materiales turbidíticos existentes por debajo de la Megacapa 5 o Megacapa de Roncal (LABAUME; 1983) y se extiende de oeste a este a lo largo de la mitad de la hoja de Navascués.

Está formada por una alternancia de margas de tonos grises y areniscas en capas que varían de centimétricas hasta 1 m, con gran continuidad lateral. Entre ellas, se intercalan algunas capas de 10-20 cm de calizas arcillosas de textura mudstone-wackstone, que en ocasiones se presentan slumpizadas.

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

Se interpretan como depositadas en zonas distales de abanico submarino profundo, siendo el sentido de aporte desde el ESE a ONO.

A la unidad se le atribuye una edad comprendida entre el Cuisiense y el Luteciense medio.

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

MINERALOGÍA EN FRACCIÓN TOTAL:

Filosilicatos 35

Cuarzo 11

Feldespatos 4 (P)

Calcita 50

Dolomita-

MINERALOGÍA DE LA ARCILLA:

Illita 70-80%

Clorita 20-30%

2.2.2.7. Margas y niveles de calizas nodulosas (254). Grupo hecho. Luteciense medio-superior

Esta unidad cartográfica aflora en el sector centro-occidental de la hoja de Navascués.

Está constituida principalmente por margas con intercalaciones decimétricas de calizas nodulosas, grises, con textura mudstone-wackstone, y a veces de calcarenitas bioclásticas packstone-grainstone, las cuales a menudo se presentan slumpizadas. Por sus características litológicas, es similar a la unidad cartográfica 231.

Hacia el Este, cambia rápidamente de facies hacia las turbiditas francas de las unidades 218

Se atribuyen a sedimentos de plataforma externa distal, en las que las frecuentes resedimentaciones dan señal de la inestabilidad tectónica de la cuenca.

Por su posición estratigráfica y contenido en faunas resedimentadas, se les asigna una edad Luteciense medio-superior.

2.2.2.8. Calcarenitas bioclásticas (255). Grupo hecho. Luteciense medio-superior

El conjunto de estas unidades cartográficas corresponden a los niveles calcareníticos de mayor espesor y extensión espacial, que se intercalan entre los niveles margocalcáreos de las unidades (231) y (254) cartografiadas en el primer caso como capas guía, y los turbidíticos de la unidad 218

El conjunto de los mismos permite la definición estructural de la zona, al actuar como excelentes niveles guía ya que dan fuertes resaltes sobre el terreno pese a su exiguo espesor.

En general, corresponden a niveles comprendidos entre los 3 y 7 m. de potencia de calcarenitas bioclásticas de tipo packstone-grainstone con numerosa fauna de alveolinas, nummulites, miliólidos, bivalvos, y espículas de equinodermos. Localmente pueden incorporar una fracción de arenas de grano medio-grueso.

Corresponden a resedimentaciones de calizas de plataforma dentro de la cuenca turbidítica, probablemente causadas por eventos tectono-sísmicos.

La edad de estos niveles carbonatados comprende el Luteciense medio y superior.

2.2.2.9. Alternancias de margas y areniscas (218). Grupo hecho. Luteciense superior

Esta unidad cartográfica corresponde al grueso de las turbiditas del Grupo Hecho y se extiende por toda la mitad N de la hoja de Navascués.

Litológicamente están formadas por margas grises y beigeas estratificadas en capas decimétricas por lo común, entre las que se intercalan areniscas calcáreas, de grano fino a medio, y muy raramente grueso, en capas decimétricas por lo general, aunque localmente pueden alcanzar los 2-4 m. de espesor.

El color de estos niveles arenosos es gris oscuro a pardo-rojizo.

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

El espesor del conjunto del Grupo Hecho en la transversal de Navascués puede estimarse en unos 3.500 m, incluyendo tanto los sedimentos margocarbonatados basales como las unidades turbidíticas en sentido estricto y las calcarenitas bioclásticas y megacapas carbonatadas que contienen.

Corresponden a sedimentos de partes distales de un abanico submarino profundo, donde los sectores proximales se localizan hacia el Este de la hoja de Navascués, con facies de cañón submarino y talud hacia el meridiano de Jaca, y facies deltaicas inmediatamente al Oeste del Anticlinal de Boltaña.

Los sentidos de aporte más frecuentes a lo largo de la serie 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 resedimentada y posición estratigráfica, una edad Luteciense superior.

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

MINERALOGÍA EN FRACCIÓN TOTAL:

Filosilicatos39

Cuarzo12

Feldespatos4 (P)

Calcita45

Dolomita-

MINERALOGÍA DE LA ARCILLA:

Illita70-80%

Clorita20-30%

2.2.2.10. Margas, areniscas y calizas (249). Flysch margoso de irurozqui. Luteciense superior-Biarritziense

Esta unidad corresponde a los términos superiores del grupo Hecho.

En la hoja de Navascués, se localiza exclusivamente en la esquina noroccidental.

Corresponde a una serie turbidítica con unos 150 m de espesor aflorante que presenta mayor proporción de margas que la unidad (218).

Está formada por margas de tonos claros en bancos de espesor comprendido entre 40-80 cm hasta 2 metros, entre los que se intercalan escasos niveles de areniscas de grano fino a muy fino de espesor centimétrico.

Las areniscas presentan secuencias de Bouma del tipo Tcde y Tde fundamentalmente, aunque en ocasiones se observan de tipo Tbcde.

También son frecuentes las intercalaciones de niveles decimétricos a métricos de calizas resedimentadas similares a las descritas en el apartado 1.3.8.

Corresponden a sedimentos de posición muy distal dentro de un abanico submarino profundo.

La edad de la unidad corresponde al Luteciense superior.

2.3. CUATERNARIO

2.3.1. Pleistoceno

2.3.1.1. Cantos en matriz limoarcillosa. Glacis degradados (519). Pleistoceno.

Solamente en la parte meridional de la hoja, en el ámbito del valle de Romanzado, se ha cartografiado una morfología con depósito atribuible a glacis degradado.

Está compuesta por cantos carbonatados, englobados en una matriz que, en ocasiones, puede ser dominante, de limos y arcillas de tonos grises. La potencia del depósito no debe superar los 2-3 m.

Su edad es pleistocena.

2.3.1.2. Gravas, arenas y limos. Terrazas. (524). Pleistoceno

El río Salazar, sobre todo en el entorno de la población de Navascués, ensancha un poco su valle, y desarrolla un pequeño sistema de terrazas, habiéndose distinguido dos niveles, situados a +8 y +20 m. sobre el nivel actual del cauce.

Los afloramientos son deficientes, pero puede estimarse que están compuestas por gravas y arenas y limos en proporción variable. Su espesor no supera los 2-3 m.

Se atribuyen al Pleistoceno, el nivel superior y al Holoceno el inferior.

2.3.2. Holoceno

2.3.2.1. Cantos en matriz limoarcillosa. Coluviones (543) y cantos con escasa matriz. Canchales (548).

Aunque en el área es frecuente la movilización de materiales a favor de las vertientes, éstos solo suelen constituir una película de escaso espesor sobre el terreno. Se han diferenciado en la cartografía solamente aquellas zonas en las que este tapiz de residuos alcanza una mayor extensión y/o espesor.

Los coluviones constituyen una formación superficial, que raramente supera los 2-3 m. de potencia, compuesta por cantos, angulosos y subangulosos, procedentes de las partes altas del relieve, englobados en una matriz abundante de limos y arcillas de tonos pardos y amarillentos.

Los canchales, localizados en las zonas próximas a los cresteríos, están formados por cantos angulosos y subangulosos, sin apenas matriz, y con tamaños variables, pudiendo incluir fragmentos de tamaño bloque. Su espesor es reducido.

2.3.2.2. Gravas, arenas y arcillas (fondos de valle).(527) cantos en matriz limoarcillosa (conos de deyección). (536).

Asociados a algunos cauces, tanto de la red principal como de la secundaria, se reconocen depósitos atribuibles a fondos de valle. Los mas importantes, por potencia y extensión, son los del río Salazar.

Están compuestos por gravas dominantes, con matriz arenosa y arcillosa. Los cantos, en muchas ocasiones, presentan un grado de madurez bajo, siendo predominantemente subangulosos y subredondeados aunque, posiblemente, esto pueda justificarse porque el propio material disponible para ser transportado, procede en su mayoría de los niveles duros turbidíticos que, por su propia estructura, proporcionan cantos elongados y angulosos.

La potencia de estos depósitos no es elevada, 1-2 m. como máximo, excepto el aluvial del Salazar que, posiblemente supere los 3-4- m.

En la salida de algunos barrancos se han cartografiado morfologías de conos de deyección, formados por cantos más o menos heterométricos englobados en una abundante matriz limoarcillosa. Su espesor en las zonas más distales, no debe superar los 2-3 m.

2.3.2.3. Cantos en matriz limoarcillosa. Depositos aluvial-coluvial (537).

En las zonas de enlace de algunas vertientes con los fondos de valle asociados, se han cartografiado algunas morfologías con relleno de génesis mixta, fluvial y de ladera, compuestos por cantos subredondeados a subangulosos, con abundante matriz limoarcillosa de tonos pardos y grisáceos, y que constituyen los depósitos aluvial-coluvial.

Su espesor se sitúa, como máximo, en los 3-4 m. y, en algún caso, como en la zona suroriental de la hoja, pueden alcanzar extensión kilométrica.

3. TECTÓNICA

La Hoja de Navascués se localiza desde un punto de vista estructural en la vertiente meridional de la Cordillera Pirenaica, y hacia su parte occidental.

El orógeno pirenaico se forma a partir del comienzo de la apertura del Golfo de Vizcaya, causada por el giro levógiro 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, propagandose hacia la occidental a lo largo del tiempo.

A grandes rasgos, la cordillera pirenaica puede subdividirse en una Zona Axial, con afloramientos de materiales paleozoicos e intrusiones graníticas, que en Navarra corresponden 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, formando un apilamiento antiformal de láminas cabalgantes alpinas claramente visible en las zonas oriental y central de la cordillera (Sierras Interiores surpirenaicas).

Por delante de este apilamiento, tiene lugar la formación de una serie de cabalgamientos cuyo nivel de despegue lo constituyen los niveles triásicos, 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 antepais meridional del orogeno pirenaico.

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

Sobre el bloque superior de dichos cabalgamientos, se desarrolla un surco turbidítico, conocido como cuenca de Jaca-Pamplona, y que constituye una cuenca de tipo piggy-back.

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

En este contexto tectónico, la hoja de Navascués ocupa el borde meridional del surco turbidítico (Cuenca de Jaca-Pamplona), justamente al Norte del Frente Pirenaico. Este se localiza inmediatamente al S de la hoja, y esta representado por el cabalgamiento de Leyre y la Falla de Loiti.

3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

La hoja de Navascués, presenta dos zonas claramente diferenciadas desde el punto de vista estructural.

La mitad inferior esta ocupada por principalmente por los niveles carbonatados del Paleoceno-Ilerdiense que constituyen la zona septentrional de la Sierra de Leyre y las Sierras de Illón-Idocorry, estructuradas como laminas cabalgantes de vergencia meridional.

La mitad norte de la hoja, ocupada por los niveles turbidíticos del Grupo Hecho, presenta una estructura plegada mediante unos laxos sinclinales y anticlinales.

A continuación se describirán las principales estructuras existentes.

3.1.1. Cabalgamientos de Idocorri e Illón

Constituyen la zona de mayor complejidad estructural de la hoja de Navascués.

El cabalgamiento de Idocorri se sitúa en la zona centro occidental de la hoja y se desdobra en varios cabalgamientos a partir de la rampa lateral situada inmediatamente al Oeste del río Salazar y al Norte de Bigüezal.

A grandes rasgos, el conjunto de cabalgamientos de Idocorri-Illón presenta una dirección N110 E, paralela a la de la Cordillera pirenaica y vergencia al Sur. El plano de cabalgamiento de Idocorri buza unos 25° al Norte. A partir de la mencionada rampa lateral dicha escama tectónica actúa como bloque superior de una nueva lámina cabalgante, la de Illón. Este cabalgamiento presenta un buzamiento superior

del orden de 60° al N y se desdobra en una nueva lámina cabalgante cuya traza discurre por en medio de la unidad turbidítica 11.

En el borde oriental de la hoja hacia el valle del Esca, la lamina cabalgante de Illón se presenta fracturada por fallas de tipo distensivo de direcciones N140E y N45E, conservándose en este sector algunos retazos de anticlinal apretado con vergencia sur (pop-up). El seno de este esquema esta constituido por un sinclinal en cuyo núcleo se preservan materiales turbidíticos lutecienses.

3.1.2. Zona de fracturas de la vertiente septentrional de la sierra de Leyre

En el borde meridional de la hoja, se sitúan una serie de fallas directas, subverticales, con direcciones predominantes, N 30E, N 30 O, y ya en el valle de Salazar, (Foz de Arbayún) N 100 E.

Afectan a los materiales carbonatados del Cretácico superior y Paleógeno, presentando escaso desplazamiento.

3.1.3. Área de pliegues laxos septentrional

Como ya se ha indicado, la mitad norte de la hoja de Navascués, y sobre materiales turbidíticos del Grupo Hecho, esta sometida a un plegamiento suave, con ejes de dirección pirenaica (N110 E a N 130 E).

Las estructuras son bastante laxas, con buzamientos de los flancos que varían entre 20 y 45° por lo general. Las más significativas de ellas son el Sinclinal de Navascués cuyo eje se localiza inmediatamente al S de dicha localidad y el Anticlinal de Burgui, cuyo eje está unos 2 km al N de Navascués y se prolonga hacia el E por la vecina hoja de Salvatierra de Esca.

En el borde Noroccidental de la hoja de Navascués existe un cabalgamiento vergente al S, cuyo plano buza del orden de 25-30°. Hacia el Este, rápidamente se hace ciego.

Algunas fracturas de direcciones N 90 E y N 45 E y escaso salto completan la estructura tectónica de este sector.

4. GEOMORFOLOGÍA

4.1. SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA

La hoja de Navascués se localiza en la zona noroccidental del territorio navarro, próxima a su límite con Aragón. Se encuentra incluida dentro del dominio morfoestructural de las Sierras Exteriores pirenaicas.

La hoja de Navascués se ubica, aproximadamente, en el interfluvio de los ríos Salazar y Esca, y presenta una morfología general montuosa condicionada, sobre todo, por la presencia de las estribaciones de la Sierra de Illón.

Este relieve atraviesa totalmente la hoja con dirección Oeste-Este, en su tercio más meridional, propiciando la presencia de las cotas más altas de la zona. Además, se aprecia una clara tendencia a ir aumentando hacia el Este. Así, se pasa de los 1.075 m. del Idocorry, en el borde occidental, a los 1.175 m. del San Quilico y 1.219 m. en la zona central de la Sierra, para llegar a los 1.420 m. en el Alto del Borreguil en el borde oriental.

En el borde Sur de la hoja, y separado de los relieves serranos de Illón por el Valle de Romanzado, se localizan las estribaciones más septentrionales de la Sierra de Leyre, situada más al Sur, y que en el ámbito de la hoja no superan los 1.100 m. de altura.

La mitad septentrional de la hoja, al Norte de la Sierra de Illón, corresponde a un relieve en general montuoso, que se desarrolla entre los 700-1000 m.

Como se ha indicado anteriormente, el territorio de la hoja se puede considerar incluido en la zona correspondiente al valle de Salazar e interfluvio Salazar-Esca. El principal drenaje en la hoja lo constituye precisamente el río Salazar, que la atraviesa por su zona central con dirección Norte-Sur.

Su trazado sufre una inflexión, a la altura de Navascués, donde tras haber atravesado materiales relativamente lábiles de la serie turbidítica, se encuentra en su curso con los relieves de la Sierra de Illón, más resistentes. El río los salva labrando un desfiladero, pero tras superar la zona más abierta correspondiente al valle de Romanzado, los relieves más septentrionales de la Sierra de Leyre, formados por

dolomías y calizas mucho más resistentes, obligan al Salazar a buscar su salida meridional para lo que labra la espectacular Foz de Arbayun, paisaje grandioso y de enorme belleza.

En la parte occidental y central de la hoja, toda la red de menor orden es tributaria del Salazar, mientras que la zona más oriental corresponde ya a la vertiente del Esca, que discurre más al Este.

Debe destacarse que en la zona próxima al límite de cuencas (en las proximidades del Alto de Las Coronas), se localiza un área de pendientes muy bajas en la que la red secundaria existente ha visto modificado su trazado por capturas de afluentes del Salazar (Barrancos de la Sierra y de la Foz).

El territorio comprendido en la hoja de Navascués está escasamente poblado, siendo sus principales núcleos de población Navascués y Bigüezal. La economía de la zona se basa fundamentalmente en la riqueza forestal y actividades relacionadas con el turismo en temporada.

4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

4.2.1. Estudio morfoestructural

A nivel regional, la hoja de Navascués se enmarca dentro del dominio de las sierras exteriores meridionales pirenaicas. Se encuentra ocupada por materiales carbonatados y terrígenos depositados en ambiente marino, tanto de plataforma, más o menos externa, como turbidítico.

Las morfologías de génesis estructural se localizan en relación con la composición litológica del sustrato, en el sentido de que la presencia de niveles competentes más o menos resistentes a la erosión, propician la generación de formas que, en el ámbito de la hoja, constituyen, sin duda, el rasgo morfológico más sobresaliente y que, en general, son un reflejo de la disposición estructural que presentan los materiales.

En todo el ámbito de la hoja se han cartografiado las superficies estructurales, más o menos degradadas y en las que, ocasionalmente, se ha indicado su buzamiento.

También se han cartografiado las crestas y frentes de cuesta que, en muchas ocasiones, son precisamente elementos limitantes de las superficies estructurales citadas.

La propia naturaleza litológica de las series, provoca que aparezcan con frecuencia elementos morfológicos tales como líneas de capa y líneas de capa con indicación de buzamiento, en función de la presencia de intercalaciones de capas más resistentes dentro de la serie. Este es también el motivo que justifica la existencia de algunas morfologías en cerro cónico que se han diferenciado en la cartografía.

La importancia de algunas estructuras tectónicas, unido a la naturaleza litológica de los materiales implicados provoca que, en ocasiones, algunas fallas y, sobre todo, frentes de cabalgamiento, tengan expresión morfológica.

4.2.2. Estudio del modelado

Se describen a continuación las principales formas del modelado, de origen exógeno, presentes en la hoja agrupadas en función de su génesis.

4.2.2.1. Formas de ladera

Las vertientes, como elementos de enlace entre los relieves elevados y las zonas deprimidas, constituyen una parte importante de la morfología del territorio, representando la zona de tránsito de agua y sedimentos hacia la red de drenaje.

En la hoja de Navascués, se observa la presencia de un proceso bastante generalizado de regularización de vertientes que provoca la presencia muy abundante de detritus que tapizan las laderas, aunque su espesor no es considerable. Con este criterio, únicamente se han incluido en la cartografía geomorfológica, los depósitos de tipo coluvión, cuando además de presentar un mayor espesor generan una morfología notable.

Asociados a algunas zonas altas, próximas a los cresteríos de la Sierra, se han representado en el mapa morfologías con depósito de tipo canchal.

Debe destacarse también la presencia de deslizamientos que, en algunas ocasiones, como sucede a la altura de Bigüezal, en el frente de la Sierra de Illón, son un proceso bastante generalizado que, además, puede alcanzar dimensiones hectométricas en algún bloque deslizado, lo que ha inducido anteriormente a error en las cartografías geológicas, al interpretar como cabalgamiento la repetición de la serie provocada por el deslizamiento.

4.2.2.2. Formas fluviales

Las morfologías de génesis fluvial más destacadas en el ámbito de la hoja de Navascués se localizan en relación con la arteria fluvial principal: el río Salazar.

El Salazar, que transcurre con dirección sensiblemente Norte-Sur no desarrolla un fondo de valle muy importante, dadas las características orográficas generales, excepto en las proximidades de Navascués, donde llega a alcanzar el kilómetro de anchura. En esta zona, además, se reconocen depósitos de terrazas, situadas a +8 y +20 m. sobre el cauce actual y con escarpes asociados. Aguas abajo, y hasta la confluencia con el Barranco de Cerráncano, en las proximidades de Aspurz, se reconocen otros depósitos de este tipo. A lo largo del valle del Salazar se ha cartografiado el cauce activo del río.

El resto de la red fluvial de menor orden presenta un predominio de los procesos de incisión lineal, sobre todo en los tramos más altos. Este mismo proceso es, asimismo, el responsable de las morfologías en garganta que existen en el ámbito de la hoja, y que alcanzan su expresión máxima en la grandiosa Foz de Arbayún, que el río Salazar labra para atravesar la Sierra de Leyre.

En la red de menor orden los fondos de valle tienen poca representación, pero en la zona cercana a la divisoria de aguas con el Esca, en la zona del Alto de las Coronas, la red fluvial allí instalada si desarrolla fondos de valle de forma casi general y que, además han sido afectados profundamente por el proceso de incisión lineal, quedando actualmente descolgados de los cauces activos.

Ello es debido a que esta zona se ha visto afectado por un proceso de captura de la red debido a la intensa acción erosiva remontante de los Barrancos de la Fonfría o de la Sierra y de la Foz, tributarios del Salazar.

En algunos casos, la diferente resistencia de los materiales que se intercalan en la serie favorecen que el proceso de incisión lineal se vea afectado, dando lugar a la aparición de saltos de agua y cascadas. En el mapa se han representado, los collados de divergencias fluvial que señalan morfologías netas.

A la salida de algunos barrancos de la red de menor orden se localizan morfologías con depósito de tipo cono de deyección que, en cualquier caso, presentan escasa extensión y desarrollo.

Localmente, en algunas laderas, es evidente la presencia de morfologías fluviales de arroyada en regueros, a favor de vertientes constituidas por materiales más fácilmente deleznales.

4.2.2.3. Formas karsticas

En las zonas de reverso de algunas cuestas en la zona meridional de la hoja, en la terminación septentrional de la Sierra de Leyre, se reconocen algunas morfologías de disolución de génesis kárstica, correspondientes a dolinas con borde difuso. Pueden alcanzar dimensiones hectométricas.

En la zona por la que la Cañada de los Roncaleses atraviesa la Sierra de Illón, se reconoce una zona más o menos aplanada, que ha sido interpretada por algunos autores como resto de una superficie de erosión actualmente mal conservada. En su ámbito, se reconocen también una serie de morfologías de disolución kárstica: dolinas y dolinas con borde difuso, que parecen presentar una cierta orientación, con elongación a favor de la estructura de las capas

4.2.2.4. Formas poligenicas

Solo en la parte meridional de la hoja, en la zona del valle de Romanzado, se ha reconocido una morfología asimilable a glaciais degradado dentro del capítulo de formas de origen poligénico.

En cualquier caso, es realmente difícil una caracterización precisa en ese área, en la que existen abundantes depósitos, también de origen mixto fluvial y de ladera,

cartografiados como depósitos aluvial-coluvial, y que localmente también podrían ser interpretados como glacis degradados.

Normalmente relacionadas con zonas de crestas o relieves abruptos, se reconocen algunas morfologías residuales, labradas sobre materiales más resistentes, que dan lugar a formas de rocas aisladas o pináculos rocosos.

4.2.2.5. Formas lacustres

Se reducen a una pequeña zona, en el valle de Romanzado, al Sur de la hoja, en la que las bajas o nulas pendientes, unido a constituir una zona algo deprimida que recoge la escorrentía de las vertientes serranas, provoca la presencia de un área con tendencia endorreica o semiendorreica.

Su funcionamiento debe ser fundamentalmente estacional, o relacionado con precipitaciones excepcionales.

4.2.3. Formaciones superficiales

En el capítulo de Estratigrafía se incluye una breve descripción de los depósitos cuaternarios cartografiados en la hoja de Navascués. A continuación se describen más detalladamente, en orden a su génesis y edad, expresándose entre paréntesis la letra asignada en la leyenda del Mapa Geomorfológico.

4.2.3.1. Cantos en matriz limoarcillosa. Glacis degradados. (e). Poligenico.pleistoceno.

Se localizan, exclusivamente, en la zona del valle de Romanzado, en la zona meridional de la hoja.

Están formados por cantos, predominantemente carbonatados, subangulosos a subredondeados, con tamaños máximos que no suelen superar los 10-15 c., y como media 5-7 cm., mal clasificados.

La matriz suele ser abundante, arcillo-limosa, de tonos pardos y grisáceos, amarillentos en ocasiones. El espesor que presentan estos depósitos es difícilmente

cuantificable al no existir perfiles adecuados de observación. Sin embargo, por consideración general de la morfología asociada a la que están relacionados, no deben ser muy potentes, quizá 2-3 m. en sus partes distales.

4.2.3.2. Gravas, arenas y limos. Terrazas. (b,c). Fluvial. Pleistoceno

4.2.4. HOLOCENO.

Asociados a la red fluvial principal (río Salazar), se han cartografiado una serie de depósitos correspondientes a terrazas fluviales.

Se han diferenciado dos niveles situados a +8 y +20 m. que se desarrollan, sobre todo, en el entorno de la población de Navascués. Están compuestos por gravas subredondeadas, en matriz arenolimsa y arcillosa de tonos grises y amarillentos. Su cementación es escasa y presentan una buena clasificación de los cantos. Aunque las condiciones de afloramiento son malas, en ocasiones se observan zonas con gravas granosostenidas y con los cantos cubiertos parcialmente por películas de carbonatos.

4.2.4.1. Cantos en matriz limoarcillosa (coluviones) y cantos sin apenas matriz (cancales), (a). Laderas. Holoceno.

Aunque en el área es frecuente la movilización de materiales a favor de las vertientes, éstos solo suelen constituir una película de escaso espesor sobre el terreno. Se han diferenciado en la cartografía solamente aquellas zonas en las que este tapiz de residuos alcanza una mayor extensión y/o espesor.

Los coluviones constituyen una formación superficial, que raramente supera los 2-3 m. de potencia, compuesta por cantos, angulosos y subangulosos, procedentes de las partes altas del relieve, englobados en una matriz abundante de limos y arcillas de tonos pardos y amarillentos.

Los cancales, localizados en las zonas próximas a los cresteríos, están formados por cantos angulosos y subangulosos, sin apenas matriz, y con tamaños variables, pudiendo incluir fragmentos de tamaño bloque. Su espesor es reducido.

4.2.4.2. Gravas, arenas y arcillas (fondos de valle). Cantos en matriz limoarcillosa (conos de deyección). (d). Fluvial. Holoceno.

Asociados a algunos cauces, tanto de la red principal como de la secundaria, se reconocen depósitos atribuibles a fondos de valle. Los mas importantes, por potencia y extensión, son los del río Salazar.

Están compuestos por gravas dominantes, con matriz arenosa y arcillosa. Los cantos, en muchas ocasiones, presentan un grado de madurez bajo, siendo predominantemente subangulosos y subredondeados aunque, posiblemente, esto pueda justificarse porque el propio material disponible para ser transportado, procede en su mayoría de los niveles duros turbidíticos que, por su propia estructura, proporcionan cantos elongados y angulosos.

La potencia de estos depósitos no es elevada, 1-2 m. como máximo, excepto el aluvial del Salazar que, posiblemente supere los 3-4- m.

En la salida de algunos barrancos se han cartografiado morfologías de conos de deyección, formados por cantos más o menos heterométricos englobados en una abundante matriz limoarcillosa. Su espesor en las zonas más distales, no debe superar los 2-3 m.

4.2.4.3. Arcillas con materia orgánica. Zonas endorreicas (f) lacustre. Holoceno

En el Sur de la hoja se localiza un pequeño sector ocupado por arcillas o limos con materia orgánica, que no superan el metro de espesor.

4.2.4.4. Cantos en matriz limoarcillosa. Depositos aluvial-coluvial (e). Poligenico. Holoceno.

En las zonas de enlace de algunas vertientes con los fondos de valle asociados, se han cartografiado algunas morfologías con relleno de génesis mixta, fluvial y de ladera, compuestos por cantos subredondeados a subangulosos, con abundante matriz limoarcillosa de tonos pardos y grisáceos, y que constituyen los depósitos aluvial-coluvial.

Su espesor se sitúa, como máximo, en los 3-4 m. y, en algún caso, como en la zona suroriental de la hoja, pueden alcanzar extensión kilométrica.

4.3. EVOLUCIÓN DINÁMICA

El registro morfológico más antiguo existente en la hoja de Navascués, está constituido por las morfologías estructurales que conforman la arquitectura principal del paisaje.

La exhumación definitiva del relieve debió producirse aproximadamente en el Oligo-Mioceno, que fué, por tanto, el comienzo de la generación del relieve actualmente observable.

A partir del Pleistoceno, se produciría en el área el depósito de las morfologías de glaciares y terrazas presentes en la hoja.

En el Holoceno se generalizan los procesos de acumulación de ladera y de erosión y depósito de la red fluvial que, por otra parte, ya debió ser activa desde los primeros estadios de generación del relieve. Es posible, en este contexto, que los procesos de incisión generadores de morfologías tan señaladas como la Foz de Arbayún, así como los relacionados con la erosión remontante que da lugar a las capturas en la zona del Alto de Las Coronas comenzaran ya en tiempos pleistocenos o, incluso anteriores, aunque la falta de registro sedimentario de estas edades imposibilita una asignación precisa.

En la actualidad son los procesos de incisión y transporte fluvial los que, acompañados por los procesos de movilización en ladera, constituyen los principales agentes exógenos del modelado en el área,

4.4. MORFOLOGÍA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS.

Los procesos de erosión, ligados a la dinámica fluvial, junto a los de movilización y acumulación en ladera, aparecen como los más activos en la actualidad en la hoja de Navascués.

Es importante resaltar que estos procesos se revelan como especialmente eficaces en las áreas de la hoja en las que la cobertura vegetal es pobre o inexistente, ya que las

altas pendientes abundantes en la zona, provocan escorrentías rápidas y, en ocasiones, violentas, con abundantes arrastres de materiales e incisión de los cauces.

En cualquier caso, y con la recomendación inicial de potenciar en lo posible el adecuado desarrollo de la cobertura vegetal, los procesos que deben considerarse como potencialmente activos y, por tanto, generadores de riesgo en el desarrollo y ejecución de la obra pública son la movilización en ladera, generalizada o puntual en forma de deslizamientos, y los procesos relativos a la red fluvial.

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-Biarritziense.

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 Navascués 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 1983, permitió 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 Navascués, se encuentran presentes dos.

Son las siguientes:

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

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

6.2.2. Unidad hidrogeológica de Pamplona-ochagavía

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

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

Por lo general se trata de 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. Y se reseñan a continuación:

Situación

X

Y

Cuadrante

La Tejería-Txapardoa

668.005

4741.187

143-II (Roncal)

Las Goteras

666.959

4738.699

143-II (Roncal)

Campos del Herrero

654.198

4741.757

143-I (Gallués)

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 paleogenos 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 infiltra 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:

SITUACION

X

Y

CUADRANTE

Foz de Arbayun

648,876

4726,423

143-II

Benasa-La Foz

655,477

4729,197

143-II

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 cálcilco-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 únicamente 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 descende. 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 contruidos 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 IId

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 (Cuenas 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 Tresp (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, Fiel. 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.; BERAESTEGUI, 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 sudpyrénéen 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.