



**Gobierno de Navarra**

Departamento de Obras Públicas,  
Transportes y Comunicaciones

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE NAVARRA

ESCALA 1:25.000

**HOJA 143-IV**

**SALVATIERRA DE ESCA**

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

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ESTRATIGRAFÍA</b> .....	<b>2</b>
2.1. MESOZOICO .....	2
2.1.1. Cretácico superior .....	2
2.1.1.1. Calcarenitas microcristalinas grises (162). Calizas recristalizadas grises y dolomias (164). Santoniense .....	2
2.1.1.2. Areniscas de cemento calcáreo y calcarenitas (191). Maastrichtiense .....	2
2.1.2. Maastrichtiense-paleoceno .....	3
2.1.2.1. Lutitas rojas y niveles de micrita (facies garumniense) (201). Maastrichtiense-Daniense	3
2.2. TERCIARIO.....	4
2.2.1. Paleoceno .....	4
2.2.1.1. Calizas de algas y calizas margosas (206). Daniense-Thanetiense .....	4
2.2.1.2. Margas y margocalizas (207). Thanetiense .....	4
2.2.2. Eoceno.....	5
2.2.2.1. Calizas de alveolinas (211). Ilerdiense-cuisiense .....	5
2.2.2.2. Alternancia de margas y margocalizas (212). Ilerdiense-cuisiense .....	6
2.2.2.3. Margas, areniscas y algunas capas de calizas resedimentadas (218). Grupo hecho. Cuisiense-Luteciense medio .....	6
2.2.2.4. Margas, areniscas y niveles de calcarenitas. Turbiditas (218a). (cuisiense-Luteciense superior)	7
2.2.2.5. Calcarenitas bioclásticas (255). Grupo hecho. Luteciense medio-superior .....	8
2.2.2.6. Alternancias de margas y areniscas (218b). Grupo hecho. Luteciense superior .....	9
2.2.2.7. Margas, areniscas y calizas (249). Flysch margoso de irurozqui. Luteciense superior-Biarritziense .....	10
2.3. CUATERNARIO.....	11
2.3.1. Pleistoceno .....	11
2.3.1.1. Cantos, arenas y limos. Glacis (519). Pleistoceno .....	11
2.3.1.2. Arcillas con cantos dispersos. Fondos de depresión (523). Pleistoceno .....	11
2.3.1.3. Cantos y gravas, limos y arenas. Terrazas (524). .....	12
2.3.1.4. Cantos y bloques. Canchales (548). Cantos y bloques. Limos y arenas. Coluviones (543). Holoceno.....	12
2.3.2. Holoceno.....	12
2.3.2.1. Cantos, bloques y gravas. Limos y arenas. Fondos de valle (527). Holoceno .....	12
2.3.2.2. Limos y arenas. Gravas y cantos. Fondos de valle poligénicos (532). Holoceno .....	13

<b>3. TECTÓNICA.....</b>	<b>14</b>
3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS .....	15
3.1.1. Cabalgamientos de idocorri e illón .....	15
3.1.2. Área de pliegues laxos septentrional.....	16
<b>4. GEOMORFOLOGÍA.....</b>	<b>18</b>
4.1. SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA .....	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 .....	20
4.2.2.3. Formas kársticas .....	21
4.2.2.4. Formas lacustres .....	22
4.2.2.5. Formas poligénicas .....	22
4.2.3. Formaciones superficiales.....	23
4.2.3.1. Cantos y bloques calcáreos. Canchales (a). Laderas. Holoceno .....	23
4.2.3.2. Cantos y bloques. Limos y arenas. Coluviones (a). Laderas. Holoceno.....	24
4.2.3.3. Cantos y gravas. Limos y arenas. Terrazas (b, c, d, e, f). Fluvial. Pleistoceno-holoceno 24	
4.2.3.4. Cantos, bloques y gravas. Limos y arenas. Fondos de valle (g). Fluvial. Holoceno ....	25
4.2.3.5. Arcillas con cantos dispersos. Fondos de depresión (h). Poligénico. Pleistoceno .....	25
4.2.3.6. Cantos, arenas y limos. Glacis (i). Poligénico. Pleistoceno.....	26
4.2.3.7. Limos y arenas. Gravas y cantos (j). Fondos de valle poligenico. Holoceno .....	26
4.3. EVOLUCIÓN DINAMICA .....	26
4.4. MORFOLOGÍA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS .....	27
<b>5. HISTORIA GEOLÓGICA.....</b>	<b>28</b>
<b>6. GEOLOGÍA ECONÓMICA .....</b>	<b>30</b>
6.1. RECURSOS MINEROS. CANTERAS .....	30
6.2. HIDROGEOLOGÍA .....	30
6.2.1. Introducción .....	30
6.2.2. Unidad hidrogeológica de Pamplona-ochagavia .....	30
6.2.3. Unidad hidrogeologica de leyre .....	31
6.3. GEOTECNIA.....	32
6.3.1. INTRODUCCIÓN .....	32
6.3.2. ZONACIÓN GEOTECNICA.....	33

6.3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES.....	33
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>38</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

La hoja topográfica a escala 1:25.000 de Salvatierra de Esca (143-IV) se halla comprendida entre los meridianos 1°01'10,5" y 1°51'10,5" 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 550 m en el Valle del Río Esca y la de 1294 en el Pico de la Virgen de la Peña (en la Sierra de Illón).

El drenaje se realiza através de una red de barrancos y valles que drenan hacia los valles de los ríos Esca y Fago. 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 Salvatierra de Esca, Burgui y Fago.

Desde el punto de vista geológico, la hoja de Salvatierra de Esca 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 laderas del río Esca, en el corte que produce en los materiales de la Sierra de Illón, los sedimentos carbonatados de edades comprendidas entre el Santoniense (Cretácico superior) y el llerdiense (Eoceno inferior), entre los que pueden apreciarse intercalaciones detríticas correspondientes al Maastrichtiense-Daniense en facies Garumniense. 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 Salvatierra de Esca, localizados en la Sierra de Illón, con buenos afloramientos en el cortado que produce el río Esca al atravesar dicha sierra.

En la cartografía se han diferenciado los siguientes tramos litológicos:

##### **2.1.1.1. Calcarenitas microcristalinas grises (162). Calizas recristalizadas grises y dolomías (164). Santoniense**

Afloran en el núcleo del anticlinal principal de la Sierra de Illón, en la Foz del río Esca. En la base se localizan unas calcarenitas microcristalinas de tonos grises (162) que hacia techo pasan a dolomías y calizas oscuras. Sobre ellas se sitúan unos 140 m. 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 la Sierra de Illón, tanto en las Foces de Arbayún y Aspurz, en la vecina hoja de Navascués, como en la Foz del Esca al sur de Burgui.

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

Están formadas por unos 170 m de areniscas de grano fino y tonos ocres, estratificadas en bancos entre 30-50 cm hasta 2-3 m.

Poseen 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, se les asigna una edad Maastrichtiense, pudiendo existir en su base un hiato que abarcaría el Campaniense.

## **2.1.2. Maastrichtiense-paleoceno**

### **2.1.2.1. Lutitas rojas y niveles de micrita (facies garumniense) (201). Maastrichtiense-Daniense**

En la sierra de Illón afloran únicamente en la Foz del río Esca, sin embargo en la vecina hoja de Sigües aflora con bastante amplitud, donde se acuñan bajo las dolomías, de la unidad superior que presentan regionalmente un carácter transgresivo.

Está representada por margas y arcillas oscuras y con tonos rojizos, verde o pardos, entre las que se intercalan pequeños bancos de micritas gris-blanquecinas. Corresponden a ambientes continentales y de transición, conocidos en el Pirineo Leridano como Formación Trep (MEY et al 1968).



## 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. Calizas de algas y calizas margosas (206). Daniense-Thanetiense

Esta unidad de calizas y calizas margosas que aflora en la Foz de Burgui corresponde estratigráficamente a la unidad de dolomías y calizas dolomíticas de la Foz de Arballun (204).

Está formada por unos 50 m de calizas de algas, en ocasiones algo dolomitizadas, de tonos grises oscuros, y margocalizas, en bancos decimétricos, alternando con las anteriores.

Sedimentológicamente se atribuyen a depósitos de plataforma somera a plataforma externa con desarrollo hacia el techo de montículos (mud-mounds) algales.

El contenido faunístico de la unidad es relativamente abundante, pudiéndose destacar *Globigerina* cf. *Triloculinoidea*, *Discocyclina seunesi*, *Planorbulina antiqua* y *Lithotamnium* 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

En la Foz de Burgui esta unidad 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, constituyendo un tramo blando entre gruesos paquetes de caliza.

Se interpretan como sedimentos de plataforma somera con bioconstrucciones de carácter algal, que hacia la parte superior pasan a depósitos de una plataforma externa, con un claro aumento de la batimetría.

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 Salvatierra de Esca 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 la Sierra de Illón, 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 en la región el armazón estructural de las Sierras de Leyre, Illón e Idocorri, formando extensas superficies estructurales que destacan en el relieve.

Se tratan 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. 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. pudiendose diferenciar una barra calcarenítica inferior de unos 30 m, un tramo intermedio de unos 15 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 en la vecina hoja de Navascués 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 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. Margas, areniscas y algunas capas de calizas resedimentadas (218). 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 Salvatierra de Esca.

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 arcillas analizadas en esta unidad han dado los siguientes resultados:

MINERALOGÍA EN FRACCIÓN TOTAL:

MUESTRA-1 MUESTRA-2 MUESTRA-3

Filosilicatos 3536 30

Cuarzo 1213 12

Feldespatos 3 (P) 2 (P) 3 (P)

MUESTRA-1 MUESTRA-2 MUESTRA-3

Calcita 5049 55

Dolomita Id- Id

MINERALOGÍA DE LA ARCILLA:

MUESTRA-1 MUESTRA-2 MUESTRA-3

Illita 70-80% 70-80% 70-80%

Clorita 20-30% 20-30% 20-30%

**2.2.2.4. Margas, areniscas y niveles de calcarenitas. Turbiditas (218a). (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 esta unidad están formadas por una alternancia de margas y areniscas con predominio de las primeras. Entre ellas, se intercalan 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 26 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:

MUESTRA-1 MUESTRA-2

Filosilicatos 29 35

Cuarzo 10 13

Feldespatos 4 (P) 6 (P)

Calcita 57 46

Dolomita ld -

MINERALOGÍA DE LA ARCILLA:

MUESTRA-1 MUESTRA-2

Illita 70-80% 70-80%

Clorita 20-30% 20-30%

**2.2.2.5. 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 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.

#### **2.2.2.6. Alternancias de margas y areniscas (218b). 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 Salvatierra de Esca.

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 la zona puede estimarse en unos 3.500 m, incluyendo tanto los sedimentos margocarbonatados basales como las unidades turbidíticas en sentido estricto (unidad 218) y las calcarenitas bioclásticas y megacapas carbonatadas que contienen.

Corresponden a sedimentos de partes distales de un abanico submarino profundo, donde los sectores más proximales se localizan hacia el Este, 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:

Filosilicatos 38

Cuarzo 13

Feldespatos 6 (P), Id (k)

Calcita 41

Dolomita 2

MINERALOGÍA DE LA ARCILLA:

Illita 70-80%

Clorita 20-30%

**2.2.2.7. Margas, areniscas y calizas (249). Flysch margoso de irurozqui. Luteciense superior-Biarritiense**

Esta unidad corresponde a los términos superiores del grupo Hecho.

En la hoja de Salvatierra de Esca ocupa el núcleo del sinclinal de Lorbes, en el borde meridional de la hoja.

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 1.4.5.

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

La edad de la unidad corresponde al Luteciense superior.

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

MINERALOGÍA EN FRACCIÓN TOTAL:

Filosilicatos 33

Cuarzo 12

Feldespatos 5 (P)

Calcita 43

Dolomita 7

MINERALOGÍA DE LA ARCILLA:

Illita 70-80%

Clorita 20-30%

## 2.3. CUATERNARIO

### 2.3.1. Pleistoceno

#### 2.3.1.1. Cantos, arenas y limos. Glacis (519). Pleistoceno

Son dos pequeños depósitos, situados en el margen meridional de la hoja, constituidos por clastos de arenisca, con matriz areno-limosa y algún canto blando de margas.

Su potencia es inferior a 1 m y se atribuyen al Pleistoceno.

#### 2.3.1.2. Arcillas con cantos dispersos. Fondos de depresión (523). Pleistoceno

Se trata de rellenos de naturaleza aluvial-vertiente, que recubren la depresión de Sasi.

Constan de arcillas con cantos de arenisca dispersos, con potencia inferior a 1 metro.



Se datan como Pleistoceno, sin más precisiones.

#### **2.3.1.3. Cantos y gravas, limos y arenas. Terrazas (524).**

Estas formaciones se localizan en los ríos Esca y Biniés. En el primero se disponen hasta cinco niveles, mientras que en el segundo sólo aparece el intermedio (201).

Los depósitos están constituidas por cantos y gravas de caliza y arenisca, con algún canto ígneo disperso.

La potencia oscila entre menos de 1 m y poco más de 2 m. Se inscriben en el Pleistoceno-Holoceno.

#### **2.3.1.4. Cantos y bloques. Canchales (548). Cantos y bloques. Limos y arenas. Coluviones (543). Holoceno**

Son depósitos de vertiente formados por limos y arenas de color ocre, marrón o rojizo, cantos y bloques de naturaleza calcárea o de arenisca.

El espesor es reducido en todos los casos, desde menos de 1 m a 2 m, siendo su génesis actual o subactual.

### **2.3.2. Holoceno**

#### **2.3.2.1. Cantos, bloques y gravas. Limos y arenas. Fondos de valle (527). Holoceno**

Presentan una litología muy similar a la de las terrazas descritas, si bien es frecuente la fracción mayor de 30 cm. (Bloques).

Presentan una potencia comprendida entre 1 y algo más de 3 metros, considerándose materiales recientes y actuales.

**2.3.2.2. Limos y arenas. Gravas y cantos. Fondos de valle poligénicos (532). Holoceno**

Son rellenos de fondo de valle de tipo mixto aluvial-vertiente, constituidos por limos y arenas con gravas de arenisca o caliza y cantos de arenisca o marga.

Su espesor es inferior a 2 metros, siendo materiales de génesis reciente y actual.

### 3. TECTÓNICA

La Hoja de Salviatierra de Esca 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, propagándose 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 varía entre 100 y 150 km según los distintos autores (ROURE et al, 1989; MUÑOZ 1992, etc).

En este contexto tectónico, la hoja de Salviatierra de Esca 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 está representado por el cabalgamiento de Leyre y la Falla de Loiti.

### **3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS**

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

En la mitad meridional de la hoja tanto los tramos carbonatados de edades comprendidas entre el Cretácico y el Ilerdiense, como las unidades turbidíticas del Grupo Hecho, están afectados por la continuación hacia el oeste del Cabalgamiento de la Sierra de Illón, que en este sector de la hoja se resuelve en tres láminas cabalgantes, de orientación general E-O. Los pliegues asociados a estas estructuras son tumbados con vergencia hacia el sur.

En la mitad norte de la hoja, y a partir de la alineación correspondiente a la falla distensiva de Burgui (situada al sur de esta localidad), y que nos refleja una fase de descompresión posterior a los cabalgamientos, los materiales que la ocupan y que pertenecen en exclusiva a los turbidíticos del Grupo hecho, presentan unas estructuras de plegamientos en anticlinales y sinclinales amplios y laxos.

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 Salviatierra de Esca.

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.

En el sector de Salvatierra de Esca, esta estructura está subdividida en tres láminas cabalgantes, de las cuales las dos más septentrionales (y por tanto las más próximas a la sierra) se incurvan hacia el NE, formando la rampa lateral de dicha escama tectónica, mientras que la más meridional, Falla de Lorbés, presenta una mayor prolongación hacia el Este, continuando en la hoja de Jaca (176), afectando en su recorrido a las unidades turbidíticas del Luteciense.

Los materiales del Grupo Hecho afectados por estas estructuras presentan frecuentes plegamientos anticlinales y sinclinales que en gran parte de su recorrido son tumbados, siendo los más importantes en la zona el Sinclinal Tumbado de Salvatierra de Esca-Lorbés, que llega a afectar hasta a los materiales turbidíticos de la unidad (249) de edad Luteciense Superior-Biarritziense, y el Anticlinal Tumbado del río Fago, a unos 4 km. al sur de esta localidad.

### **3.1.2. Área de pliegues laxos septentrional**

Como ya se ha indicado, en la mitad norte de la hoja los materiales turbidíticos del Grupo Hecho, están sometidos a un plegamiento suave, con ejes de dirección pirenaica (N110 E a N 130 E). Entre estas estructuras pueden distinguirse pliegues anticlinales y sinclinales, con las direcciones anteriormente reseñadas que se suceden unos a otros, conservando un cierto paralelismo entre ellos. Estas estructuras son fácilmente reconocibles en la foto aérea, gracias a los niveles calcareníticos competentes que aunque de escasa potencia, presentan una extensión superficial de carácter regional. Pueden considerarse pliegues laxos, con buzamientos de los flancos que varían entre 20° y 45°, por lo general, salvo en zonas en que estas se acumulan distorsionándose el recorrido de los pliegues, y que por lo general obedecen a zonas de fallas más profundas de importancia regional.

Por otra parte las estructuras reconocibles, en ocasiones, en los tramos turbidíticos indican una mayor intensidad de los esfuerzos, lo que se puede interpretar, por una parte, como reflejo de una disarmonía entre tramos duros y blandos relativos, y por otra como consecuencia de movimientos durante la sedimentación o ligeramente posterior a ella, que ocasiona desplazamientos y slumpizaciones de la serie turbidítica de mayor amplitud que lo que reflejan los tramos resistentes aunque estos tramos también pueden verse afectados por estos movimientos.

Es importante reseñar, aunque afecta en mayor medida al borde sur del cuadrante 143-II (RONCAL), pero también a este en la zona noreste hasta Fago, de la existencia de una franja anómala, de la misma dirección de las estructuras anteriores, en la que son frecuentes las estructuras en slumps de capas de extensión kilométrica, así como de grandes bloques y olistolitos incluidos en la serie y que se interpretan como el reflejo en superficie de una fractura profunda de importancia regional con actividad durante gran parte de la sedimentación de los materiales lutecienses.

## 4. GEOMORFOLOGÍA

### 4.1. SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA

La hoja de Salviatierra de Esca pertenece en su cuadrante noroccidental a la Comunidad Foral de Navarra, inscribiéndose el resto de la misma en territorio aragonés.

Se asocia al contexto morfoestructural sur-pirenaico o Sierras Interiores, caracterizadas por relieves abruptos, con altitudes que oscilan entre casi los 1300 metros (Virgen de La Peña) y contrastan con los pocos más de 500 metros que se alcanzan en el río Esca a su paso por Salviatierra.

Dicho curso fluvial, junto con el Majones y Biniés constituyen las dos arterias principales, si bien existen numerosos cauces de carácter esporádico o estacional.

Además del citado conjunto orográfico de la Virgen de la Peña, destacan la Sierra de Beldún, con cotas próximas a los 1.100 m y sobre todo la alineación Paco de Zapi-Argaraieta, que alcanza los 1.264 metros.

En el contexto de la hoja pueden definirse tres grandes dominios o unidades geomorfológicas: Relieves Estructurales, Valles e Interfluvios (Relieves en aristas vivas y alomadas).

Todos ellos se distribuyen ampliamente por todo el territorio estudiado, sobre todo los valles (de génesis fluvial y mixta o poligenica) que con morfologías en fondo plano o artesa, recorren la hoja según una directriz principal N-S o NNE-SSO, tributando a ellos una compleja y densa red de cauces profundamente excavados.

Las características geomorfológicas más significativas se refieren a la gran implantación de las formas fluviales de carácter denudacional o erosivo (incisión lineal, aristas e interfluvios alomados), al que se superpone un conjunto de rasgos estructurales de tipo escarpes, cresteríos, chevrons y cerros cónicos.

Las formas fluviales de índole deposicional se encuentran bien representadas en los sectores NO y SO (río Esca), con fondos planos de valle y terrazas.

Los procesos de vertiente, poco significativos, se reducen a canchales (Foz de Burgui) y coluviones dispersos (Valle del Esca), así como a algunos deslizamientos de ladera en zonas de elevada pendiente.

Como formas poligénicas destacan los valles del sector meridional (entre Salvatierra de Esca y Lorbes), relictos de glaciares pleistocenos (en la margen derecha del barranco de Gabarri), y sobre todo la extensa depresión de origen mixto de la Plana de Sasi, muy recubierta por depósitos de alteración. El modelado kárstico se encuentra representado en tres gargantas labradas sobre calizas y brechas calcáreas cretácicas y paleógenas: La Foz de Burgui y el Cañón del Barranco del Fago, aguas abajo de la localidad del mismo nombre y la Foz de Forniellos, al Sur de la Plana de Sasi.

Por último, se han observado dos pequeñas lagunas de carácter estacional, localizadas en la mencionada superficie de Sasi.

## **4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO**

### **4.2.1. Estudio morfoestructural**

Sobre los materiales más consistentes (capas duras del flysch eoceno, calizas y brechas calcáreas cretácicas y paleógenas), 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 conforman un espectacular relieve en los frentes de la Virgen de La Peña y Plana de Sasi, los segundos se encuentran bien representados en la alineación Paco de Zazpi-Aragaieta. Otras formas estructurales cartografiadas son chevrons (al Sur de la alineación mencionada), cerros cónicos (Salvatierra de Esca) y líneas de capa (sobre todo en materiales del flysch margoso Biarritziense).

Por último se ha señalado como falla inversa o cabalgamiento con control morfológico, la estructura de directriz E-O, que recorre gran parte del sector meridional de la hoja, desde el cierre S de la Foz de Burgui hasta la localidad de Lorbés.



#### **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 laderas de perfil cóncavo, se acumulan depósitos procedentes de los niveles superiores o coluviones, mientras que en las de perfil rectilíneo se localizan algunos canchales.

Los primeros se observan a ambos márgenes del río Esca, al N y NE de la población de Burgui y aguas arriba de Salvatierra.

Los canchales sólo se han detectado en la Foz de Bourgui, entre los kilómetros 12,300 y 13,200 de la carretera NA-137.

Son relativamente frecuentes las cicatrices de despegue o deslizamientos en algunas laderas de pendientes elevadas, viéndose favorecido este proceso, en muchos casos, por los efectos de las deforestaciones. Se han observado en la Foz de Burgui y en algunos puntos localizados del cuadrante noroccidental al S de la alineación Paco de Zazpi-Argaraieta y en el valle del río Majones al S de Fago.

##### **4.2.2.2. Formas fluviales**

Existe un marcado predominio de las formas fluviales de carácter denudacional o erosivo sobre las de tipo deposicional. Así, la incisión lineal, 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 superar el centenar de metros de altura sobre los cursos fluviales.

Existen además algunos saltos de agua o cascadas de algunas decenas de metros de caída y carácter esporádico: Barrancos de Zurrustape y Tartiste, en la Foz de Burgui y al Cañón del río Majones respectivamente; Forniellos, al Sur de la Plana de Sasi, etc.

Se han detectado por otra parte una serie de capturas por erosión remontante del río Majones, sobre cursos de su margen derecha.

Las formas deposicionales, muy subordinadas a las anteriores, se localizan principalmente en el río Esca: fondo de valle y hasta 5 niveles de terraza situados a + (3-4) m, + (8-10), + (15-18), + (30-35) y + (40-45) m, sobre su cauce actual, que corresponden a episodios de un rápido encajamiento. En el río Biniés, afluente del Esca por su margen derecha, se ha cartografiado el nivel de + (15-18).

Existen otros depósitos de fondo de valle mucho más reducidos, en el río Majones, barrancos de Sacal, Gabarri y del Fago.

#### **4.2.2.3. Formas kársticas**

Se trata de tres gargantas o cañones de distinto desarrollo, pero espectacular relieve en todos los casos:

La primera, Foz de Burgui, se corta entre los kilómetros 14,200 y 10,700 de la carretera autonómica NA-137, comprendiendo por tanto, una longitud de 3,5 km en las que se observan laderas subverticales a favor de materiales carbonatados de edad Cretácico superior (calizas, dolomías, calcarenitas y areniscas muy calcáreas) y Paleoceno (dolomías y calizas). La máxima profundización se produce en su tramo meridional, donde se alcanzan desniveles de 650 metros.

La segunda, Cañón del Barranco del Fago, presenta una longitud de unos 3 km, con laderas algo menos verticalizadas que la anterior y una profundidad máxima de alrededor de 400 metros. El techo de la foz son brechas calcáreas lutecienses y su fondo calizas ilardienses, disponiéndose entre ambos conjuntos el flysch eoceno, por lo que en realidad se trataría de un cañón de tipo mixto fluvio-kárstico, si bien el predominio de los materiales carbonatados aconseja incluirlo en el segundo tipo de modelado citado.

Por último, la Foz de Forniello que representa la salida meridional de la depresión semicerrada de Sasi, posee unas dimensiones bastante más modestas: unos 700

metros de longitud por algo mas de 100 de profundidad, pero con laderas muy verticalizadas. Se desarrolla sobre calizas ilerdienses.

#### **4.2.2.4. Formas lacustres**

Se restringen a dos pequeñas lagunas de orden decamétrico y carácter estacional, instaladas en la Plana de Sasi, como producto de una somerización localizada del nivel freático.

#### **4.2.2.5. Formas poligénicas**

Corresponden a fondos de valle de origen mixto, relictos de glaciares pleistocenos y la depresión semicerrada de la Plana de Sasi, con fondo cubierto en buena parte de la misma.

Los fondos de valle poligénicos se localizan en los barrancos de Gabarri, Navarrán-Forniellos, San Macio y Rigodel, junto a otros pequeños cauces, todos ellos situados en el sector meridional de la hoja, entre Salvatierra de Esca y Lorbés. Se trata de depósitos de tipo fluvial con aportes de vertiente, de morfología sinuosa y fondo más o menos plano.

Como glaciares pleistocenos sólo se han detectado dos pequeños retazos de planta decamétrica, localizados al Oeste del Barranco de Gabarri.

La Plana de Sasi se ha representado como una superficie deprimida, de contorno semicerrado, elongado en dirección N-S, con dimensiones de unos 2000 x 700 m y génesis dudosa, no asociable al dominio kárstico (se instala sobre el flysch, salvo un exiguo sector de su parte más meridional que lo hace en las calizas ilerdienses) y aparentemente con un control estructural notable.

BARRERE, P. (1962), la asocia a una superficie colgada generada a favor del cierre de las estructuras de plegamiento de la Sierra de Navascués, en la hoja del mismo nombre. Este factor sería el determinante de la formación de la superficie en los sectores septentrional, oriental y occidental, mientras que la parte meridional, instalada sobre calizas ilerdienses, se vería favorecida a efectos de su génesis y

conservación por el papel protector de las rocas carbonatadas, altamente resistentes a la erosión.

Dicha superficie con posterioridad se vería sometida a procesos de desmantelamiento, ablación e infiltración de aguas, con relleno posterior por materiales de tipo aluvial-vertiente (fondo poligénico) configurándose como una cubeta de muy suave pendiente.

Por todo ello, se ha considerado oportuno incluir la Plana de Sasi como una forma de tipo depresión poligénica, con fondo cubierto en la mayor parte de su superficie.

#### **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 Salvatierra de Esca. A continuación se describen detalladamente en orden a su génesis y edad, expresándose entre paréntesis la letra asignada en el Mapa Geomorfológico.

Los depósitos cuaternarios cartografiados, de escasa representación superficial, se refieren a formaciones de ladera (canchales y coluviones), fluviales (fondos de valle y terrazas) o poligénicas (glacis, fondos de valle y rellenos de depresión).

##### **4.2.3.1. Cantos y bloques calcáreos. Canchales (a). Laderas. Holoceno**

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

Son materiales de génesis reciente o actual, que se localizan en la Foz de Burgui, entre el km. 12,3 y 13,2 de la carretera autonómica NA-137, como ya se citó en el apartado 3.2.2.1.

#### **4.2.3.2. Cantos y bloques. Limos y arenas. Coluviones (a). Laderas. Holoceno**

Son depósitos muy escasos en el ámbito de la hoja, localizados en ambos márgenes del río Esca (N y NE de Burgui y aguas arriba de Salvatierra, apartado 3.2.2.1), con potencias difícilmente estimables debido a la mala situación y recubrimiento forestal de los depósitos, si bien se estima que no superan el metro.

Constan de cantos y bloques de arenisca y/o caliza, con matriz limo-arenosa más o menos abundante.

Su génesis es subactual.

#### **4.2.3.3. Cantos y gravas. Limos y arenas. Terrazas (b, c, d, e, f). Fluvial. Pleistoceno-holoceno**

Se localizan en los ríos Esca y Biniés, observándose en el primero de ellos hasta 5 secuencias de depósito en las inmediaciones de Salvatierra y 3 en las de Burgui. En el río Biniés tan sólo aparece el nivel intermedio.

Las cotas relativas sobre los cauces, ya citadas en el apartado 3.2.2.2., son las siguientes: nivel □b□ (40-45), □c□ (30-35), □d□ (15-18), □e□ (8-10) y □f□ (3-4) metros.

Estos depósitos constan de cantos y gravas subangulosos o angulosos con algún clasto subredondeado, poco o medianamente transportados, naturaleza calcárea, y de arenisca, con algún fragmento ígneo de procedencia axial, englobados en una matriz limo-arenosa.

Los clastos se encuentran poco o nada cementados y suelen adquirir morfologías elongadas.

La potencia en todos los casos es muy reducida, entre menos de 1 m y poco más de 2 metros. Se inscriben en el ámbito del Pleistoceno si bien los dos niveles inferiores (□e□ y □f□) deben ser ya holocenos.

#### **4.2.3.4. Cantos, bloques y gravas. Limos y arenas. Fondos de valle (g). Fluvial. Holoceno**

Se presentan con una litología muy similar a la de las terrazas anteriormente 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 (esporádicamente torrencial) de la lámina de agua transportadora.

Estos depósitos se observan en los valles de los ríos Esca, Biniés y Majones, así como en los barrancos del Fago, Sacal y Gabarri.

Los espesores de difícil estimación deben estar comprendidos entre 1 m y algo más de 3 metros.

Son materiales recientes y actuales.

#### **4.2.3.5. Arcillas con cantos dispersos. Fondos de depresión (h). Poligénico. Pleistoceno**

Son rellenos de naturaleza aluvial-vertiente, producto de la meteorización y transporte de los materiales que conforman la depresión Sasi.

El recubrimiento en esta superficie debe ser muy somero, ya que se observan puntos en los que localmente aflora el sustrato terciario, estimándose que en ningún caso se supera el metro de potencia.

La formación de la superficie inicial de Sasi parece ser (BARRERE, P., op. cit.) bastante antigua, Pleistoceno antiguo o incluso, tal vez, finipliocena, por lo que los procesos de retoque erosivo de los materiales y depósito de las formaciones superficiales de relleno (apartado 3.2.2.5) deben incluirse desde un Pleistoceno medio a final, con una no descartable inclusión en el Holoceno.

#### **4.2.3.6. Cantos, arenas y limos. Glacis (i). Poligénico. Pleistoceno**

Se reducen a dos pequeños depósitos situados en el margen meridional de la hoja, al Oeste del Barranco de Gabarri, como consecuencia del desmantelamiento y transporte por aguas de arroyada de los relieves de tipo flyschoides situados al Norte.

Constan, por tanto, de cantos de arenisca, con matriz areno-limosa y algún clasto blando de tipo margoso.

Se consideran de edad Pleistoceno indiferenciado y su potencia no supera el metro.

#### **4.2.3.7. Limos y arenas. Gravas y cantos (j). Fondos de valle poligenico. Holoceno**

Son rellenos de fondo de valle de naturaleza mixta, fluvial-vertiente, compuestos por limos y arenas con gravas de arenisca, alguna caliza, cantos fundamentalmente de arenisca y blandos margosos.

Se localizan en los barrancos de Gabarri, Navarrán-Forniellos, San Macio y Rigodel, fundamentalmente (véase apartado 3.2.2.5). Su espesor es en todos los casos inferior a los 2 metros y se trata de materiales de génesis reciente y actual.

### **4.3. EVOLUCIÓN DINÁMICA**

El primer evento de la construcción del relieve hoy observable en la hoja de Salvatierra de Esca, 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.

Según BARRERÉ, P. op. cit., la superficie de Sasi, sería la resultante, de una forma de aplanamiento finimiocena, retocada y colgada con posterioridad en tiempos del Plioceno no terminal y comienzos del Cuaternario, por procesos de erosión fluvial.

Más adelante la acción erosiva, debió producir una nueva superficie de aplanamiento de la que los únicos testimonios hoy en día son los glacis localizados al Oeste del

Barranco de Gabarri. Dicha superficie se produciría durante un Cuaternario relativamente antiguo.

Al mismo tiempo comienzan las primeras fases de encajamiento de la red fluvial, con depósito de terrazas del río Esca, que se continúan en el Holoceno.

Ya en este periodo 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 canchales y coluviones, fondos de valle poligénicos, 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 sus efectos.



## 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 continúa 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 Salatierra de Esca 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 Navascues, 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 permabilidad 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

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 sí.

Los principales acuíferos los forman las dolomías 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 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/cm<sup>2</sup>.

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/cm<sup>2</sup>. 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/cm<sup>2</sup>, 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/cm<sup>2</sup>, siendo importante considerar las posibles heterogeneidades que suponen la alternancia de niveles blandos y duros. En general son terrenos ripables.

#### Zona II d

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/cm<sup>2</sup>. 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.