



**Gobierno de Navarra**

Departamento de Obras Públicas,  
Transportes y Comunicaciones

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE NAVARRA

ESCALA 1:25.000

**HOJA 172-IV**

**ALLO**

# MEMORIA

---

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

ALFONSO OLIVE DAVO	Coordinación y dirección. Cartografía Geomorfológica y memoria.
--------------------	---

ANTONIO HERNANDEZ SAMANIEGO	Cartografía geológica y memoria
-----------------------------	---------------------------------

JUAN IGNACIO BACETA CABALLERO	Cartografía geológica y memoria
-------------------------------	---------------------------------

IRENE GOMEZ PEREZ	Cartografía geológica y memoria
-------------------	---------------------------------

SEGISMUNDO NIÑEROLA PLA	Hidrogeología. Memoria.
-------------------------	-------------------------

TECNA	Bases de datos. Digitalización. Geotecnia.
-------	--

**ASESORES:**

ALFONSO MELENDEZ HEVIA	Sedimentología
------------------------	----------------

MATEO GUTIERREZ ELORZA	Geomorfología
------------------------	---------------

**COORDINACION Y DIRECCION (Gobierno de Navarra):**

ESTEBAN FACI

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>2. ESTRATIGRAFIA .....</b>	<b>8</b>
2.1. Terciario .....	9
2.1.1. Ciclo III. Unidad de mendigorria (Sueviense-Arverniense) .....	9
2.1.1.1. Lutitas rojiza con intercalaciones de areniscas y localmente yesos (324). Sueviense-Arverniense .....	10
2.1.1.2. Margas y arcillas grises con intercalaciones de areniscas, calizas y yesos (350). Sueviense-Arverniense .....	11
2.1.1.3. Yesos y margas yesíferas (354). Sueviense-Arverniense .....	12
2.1.2. Ciclo IV. Unidad de Gallipienzo-Leoz (Arverniense-Ageniense) .....	13
2.1.2.1. Areniscas en capas extensas y lutitas ocre y amarillentas (359). Arverniense-Ageniense .....	13
2.1.2.2. Fangos ocre. Niveles de areniscas (365). Arverniense-Ageniense .....	14
2.1.2.3. Calizas y margas grises (363). Arverniense-Ageniense .....	14
2.1.3. Ciclo V: unidad de artajona-olite .....	15
2.1.3.1. Areniscas en capas extensas y lutitas ocre y amarillentas (383). Ageniense-Aragoniense .....	15
2.1.3.2. Fangos ocre. Niveles de areniscas y calizas. (384). Ageniense-Aragoniense .....	16
2.1.4. Ciclo VI. Unidad sierra de ujue .....	17
2.1.4.1. Areniscas y lutitas ocre y amarillentas. (408) Aragoniense-Vallesiense .....	17
2.2. Cuaternario .....	18
2.2.1. Pleistoceno .....	18
2.2.1.1. Limo-arcillas, arenas, gravas, cantos y bloques. Glacis (519). Pleistoceno .....	18
2.2.1.2. Limo-arcillas, gravas, cantos y bloques. Terrazas (508). Pleistoceno-holoceno .....	18
2.2.2. Holoceno .....	19
2.2.2.1. Limos, arenas, gravas, cantos y bloques. Fondos de valle (527). Meandros abandonados (530) y conos de deyección (536). Holoceno .....	19
2.2.2.2. Limo-arcillas, gravas, cantos y arenas. Coluviones (543). Holoceno .....	19
2.2.2.3. Limo-arcillas y arenas con cantos dispersos. Glacis subactuales (534) y depósitos aluvial-coluvial (537). Holoceno .....	20
2.2.2.4. Limo-arcillas con materia orgánica. Areas endorreicas (541) holoceno .....	20
2.2.2.5. Materiales heterogeneos diversos. Escombreras o vertederos y rellenos artificiales (539). Actual .....	20
<b>3. TECTONICA .....</b>	<b>21</b>

3.1. TECTONICA REGIONAL.....	21
3.2. PRINCIPALES ESTRUCTURAS .....	24
3.2.1. Falla y zona tectonizada del ega.....	24
3.2.2. Anticlinal de allo y sinclinal de los arcos .....	24
3.2.3. Sinclinal de oteiza y anticlinal de larraga .....	25
<b>4. GEOMORFOLOGÍA.....</b>	<b>26</b>
4.1. SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA .....	27
4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO.....	27
4.2.1. Estudio morfoestructural.....	27
4.2.2. Estudio del modelado .....	28
4.2.2.1. Formas de ladera .....	29
4.2.2.2. Formas fluviales .....	29
4.2.2.3. Formas poligénicas .....	30
4.2.2.4. Formas endorreicas .....	31
4.2.2.5. Formas antrópicas .....	31
4.2.3. Formaciones superficiales.....	31
4.2.3.1. Limo-arcillas, gravas, cantos y arenas. Coluviones (a). Laderas. Holoceno.....	31
4.2.3.2. Limo-arcillas, gravas, cantos y bloques. Terrazas (b, c, d, e, f). Fluvial. Pleistoceno-holoceno	32
4.2.3.3. Limos, arenas, gravas, cantos y bloques. Fondos de valle. Llanura de inundación. Meandros abandonados. Conos de deyección (g). Fluvial. Holoceno.....	34
4.2.3.4. Limos-arcillas, arenas, gravas, cantos, y bloques. Glacis (h, i). Poligenico. Pleistoceno	35
4.2.3.5. Limo-arcillas con cantos dispersos. Glacis subactuales y depósitos aluvial-coluvial. (j). Poligénico. Holoceno .....	36
4.2.3.6. Limos-arcillas con materia orgánica. Areas endorreicas (k). Lacustre/endorreico. Holoceno	36
4.2.3.7. Materiales heterogéneos diversos. Escombreras ó vertederos y rellenos artificiales (l). Antrópico. Actual .....	37
4.3. EVOLUCIÓN DINÁMICA .....	37
4.4. MORFOLOGÍA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS .....	38
<b>5. HISTORIA GEOLOGICA.....</b>	<b>39</b>
5.1. EVOLUCION DURANTE EL MESOZOICO Y TERCARIO INFERIOR.....	39
5.2. EVOLUCION DESDE EL EOCENO FINAL AL PLIOCENO .....	43
5.2.1. Macrosecuencia del oligoceno inferior .....	44
5.2.2. Macrosecuencia del oligoceno superior-mioceno superior .....	45

---

5.2.3. Macrosecuencia del mioceno final-plioceno .....	46
<b>6. GEOLOGIA ECONOMICA .....</b>	<b>47</b>
6.1. 5.1. RECURSOS MINERALES .....	47
6.1.1. Rocas industriales .....	47
6.1.1.1. Gravas .....	47
6.2. HIDROGEOLOGIA .....	47
6.2.1. Introducción .....	47
6.2.2. Unidad hidrogeologica sur .....	48
6.2.3. Unidad del aluvial del Ebro y afluentes .....	50
6.2.4. Unidad de loquiz .....	51
6.3. GEOTECNIA .....	54
6.3.1. INTRODUCCIÓN .....	54
6.3.2. ZONACION GEOTECNICA .....	55
6.3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES .....	56
<b>7. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>66</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

La hoja topográfica 1:25.000 de Allo (172-IV), se halla comprendida entre los meridianos 1°51'10'' y 2°1'10'', y los paralelos 42°30'4'' y 42°35'4'', ocupando una posición centrooccidental dentro del territorio de la Comunidad Foral de Navarra.

La mayor parte de la hoja se encuentra ocupada por un relieve suavemente ondulado, con alturas medias comprendidas entre 350 y 520 m. Los puntos más elevados corresponden a los Altos de San Marcos y San Bartolomé, ambos en la zona central de la hoja.

El territorio de la hoja se ubica en el interfluvio de los ríos Ega, al Oeste, y Arga al Este. El drenaje se realiza mediante una red de barrancos y valles hacia ambos ríos, localizándose la divisoria entre ambas cuencas aproximadamente coincidiendo con la parte central de la hoja.

En su ámbito, solamente se localiza, en parte, la población de Allo, aunque en zonas próximas se sitúan Lerín, al Sur, y Larraga al Este. La economía en el territorio se basa, de forma casi exclusiva, en la agricultura.

Geológicamente, la hoja se encuentra ocupada en su totalidad por sedimentos del terciario continental, con litologías de areniscas, fangos limolíticos y arcillosos, margas y calizas principalmente. También existen materiales cuaternarios que recubren a los anteriores.

A nivel estructural, es destacable la presencia de una accidente importante, la falla del Ega, que presenta su labio hundido al Este. En la parte centro meridional de la hoja se resuelve en varias fallas que afectan a distintos términos de la serie.

En la zona Norte se reconoce la continuación del Anticlinal de Allo, y al Sur el Sinclinal de Los Arcos, mientras que en la mitad oriental, y partir de la falla del Ega, se localiza la terminación del anticlinal de Larraga, y la prolongación del sinclinal de Oteiza.

## **2. ESTRATIGRAFIA**

Como se ha mencionado en el capítulo de Introducción, en la presente hoja de Allo, se hallan representados parte de los materiales oligocenos y miocenos que colmatan el borde Norte de la Depresión del Ebro.

Teniendo en cuenta la distribución regional que presentan los cuerpos sedimentarios, puede observarse la interdigitación de los distintos ambientes deposicionales, desde abanico aluvial hasta términos palustre-lacustres.

Esta interdigitación permite, asimismo, comprobar la ordenación cíclica, en la vertical, de los sedimentos en este sector. Cada uno de estos ciclos, que están separados unos de otros por discontinuidades sedimentarias, está constituido regionalmente por sedimentos aluviales, más o menos proximales en la base, y por sedimentos lacustre-palustres a techo.

El límite entre cada ciclo es neto y brusco y, sobre todo en las zonas más proximales, viene representado por discordancias, mientras que el tránsito de unos sedimentos a los superiores, dentro del propio ciclo, se produce de forma gradual.

El estudio de esta ciclicidad ha permitido distinguir en esta hoja diferentes materiales correspondientes a cuatro unidades de carácter genético-sedimentario. Estas unidades corresponden a secuencias deposicionales (MITCHUM, 1977), es decir, a "unidades estratigráficas", relativamente concordantes, compuestas por una sucesión de estratos, genéticamente relacionados, y cuyos límites a techo y muro son discordancias o relativas conformidades que, habitualmente no son observables a nivel de afloramiento, sino deducidas por su comportamiento regional.

Utilizando este criterio, se han reconocido, regionalmente, siete unidades, que abarcan una edad comprendida entre el Sueviense (Sannoisiense) y el Plioceno. De muro a techo se han denominado:



- Unidad de Añorbe-Puentelarreina
- Unidad de Mués-Tafalla
- Unidad de Mendigorria
- Unidad de Gallipienzo-Leoz
- Unidad de Artajona-Olite
- Unidad de Sierra de Ujue
- Unidad de Oco

Con el fin de poder visualizar de forma rápida la posición de las distintas unidades, y su correlación con la subdivisión regional utilizada, se representa en la figura siguiente un esquema con las unidades citadas.

## **2.1. Terciario**

En la hoja de Allo se localizan litofacies correspondientes a los ciclos 3 a 6.

### **2.1.1. Ciclo III. Unidad de mendigorria (Sueviense-Arverniense)**

Los materiales del Ciclo III en la hoja de Allo se localizan en la zona occidental de la misma. Su contacto basal no es visible, aunque por observaciones regionales, debe situarse en discordancia o paraconformidad con los términos correspondientes al Ciclo II (Unidad de Mués-Tafalla).

En la hoja de Allo, en los materiales correspondientes a esta Unidad, se han reconocido distintas litofacies, desde las correspondientes a zonas distales y de llanura lutítica de abanico aluvial (fangos con intercalaciones de niveles arenosos), transicionales a palustre-lacustre

(arcillas y margas con niveles arenosos, calizos y yesíferos y lacustre evaporítico (yesos y arcillas).

Todos estos materiales se encuentran afectados por una suave estructura de amplio radio, de dirección general Oeste-Este. Presentan buzamientos que raramente superan los 10-12° en la mayor parte de la hoja. El conjunto de la Unidad puede alcanzar los 1000 m. de espesor.

Su atribución cronológica se ha realizado por posición estratigráfica.

#### **2.1.1.1. Lutitas rojiza con intercalaciones de areniscas y localmente yesos (324). Sueviense-Arverniense**

Como se ha indicado, aflora exclusivamente en la zona occidental de la hoja. Está formada por fangos de tonos predominantemente rojos, que presentan intercalaciones de niveles de areniscas, habitualmente con morfología tabular, pero que pueden presentar geometría de canales que, en el primer caso, alcanzan dimensiones hectométricas, y en el caso de los paleocanales es, como máximo, métrica.

Su muro no es observable, por lo que su espesor es difícilmente cuantificable. Sin embargo, por su relación con la unidad anterior y las que se describirán a continuación, puede estimarse que supere los 500 m. Se encuentra en cambio lateral con la unidad 21, que se describe a continuación.

Como se ha indicado, predominan en la serie los fangos limolítico-arcillosos de tonos rojizos, presentando intercalaciones de areniscas de grano fino y medio, cuya potencia se sitúa habitualmente en el entorno de los 30-40 cms., con geometría de aspecto tabular y ripples como estructura sedimentaria interna más destacada. En la zona más septentrional y oriental de la unidad se intercalan algunos paleocanales arenosos de escasa extensión, con laminación cruzada de bajo ángulo.

Las arcillas analizadas indican un porcentaje de flosilicatos del 34%, cuarzo (9%), feldespatos (2%), yeso (4%), calcita (42%) y dolomita (9%). La fracción arcillosa corresponde, principalmente a illita y, en menor medida a caolinita.

Estas características sedimentológicas indican, para la unidad, la presencia de zonas distales de abanico y de llanuras lutíticas como resultado de inundaciones más o menos generalizadas, originadas por procesos de aroyada en manto (sheet-floods), aunque coexistiendo con esporádicos flujos canalizados.

Su atribución cronológica se ha realizado por posición estratigráfica ante la ausencia de restos fósiles que permitan una datación precisa.

En el conjunto de la unidad se puede observar una evolución, en dirección NE-SO, desde facies más proximales, al NE, a más distales al SO. Esta característica es especialmente evidente al techo de la unidad, donde se pasa de facies de fangos con tramos de nódulos de yeso dispersos intercalados en la serie, al NE, a margas y arcillas con pasadas de tramos de calizas y yesos al SO indicando, por tanto, una polaridad en dirección desde el NE hacia el SO.

#### **2.1.1.2. Margas y arcillas grises con intercalaciones de areniscas, calizas y yesos (350). Sueviense-Arverniense**

La unidad descrita en el apartado anterior evoluciona hacia el Sur y Sur, por cambio lateral de facies, a un conjunto predominantemente arcilloso y margoso, de tonos grises con algún tramo de colores rojizos, y que contiene intercalaciones de niveles de areniscas, calizas y yesos.

En la sección de Cortabacoy, en la vecina hoja de Azcona, se han medido cerca de 200 m. de este tramo. En este área está constituido por margas grises en la base con niveles de yeso y capas centimétricas de calizas limolíticas. Por encima, aparecen arcillas y limos grises con capas intercaladas de areniscas de grano fino con ripples.

En esta hoja, en la sección de San Marcos, se han reconocido 250 m. de arcillas y margas amarillentas y grisáceas con intercalaciones de niveles de calizas grises, de potencia

centimétrica y, ocasionalmente, pequeños canales de areniscas de grano fino y tonos ocre. El tramo presenta, en su conjunto, un grado de biorurbación notable.

Las arcillas contienen, además, yesos secundarios. La parte más alta de la unidad en esta zona está formada por arcillas rojas con niveles milimétricos y centimétricos de yesos blancos y capas centimétricas de areniscas de grano fino con ripples y calizas micríticas grises.

#### **2.1.1.3. Yesos y margas yesíferas (354). Sueviense-areverniense**

Aflora solamente en la zona suroccidental de la hoja, y corresponde a cambio lateral de las unidades anteriores, representando la culminación del Ciclo en facies evaporíticas. En la literatura geológica tradicional corresponde a los "Yesos de Los Arcos" (RIBA, 1964).

En la sección de Cortabacoy se han medido más de 200 m. de yesos, predominantemente laminados, blancos y grises, y arcillas y margas yesíferas grises, con intercalaciones de capas centimétricas de areniscas, calizas y dolomías. En la parte más alta de este tramo, son frecuentes los niveles de yeso alabastrino blanco.

La parte más alta de la unidad, aproximadamente 200 m. en la sección citada, presenta un mayor contenido arcilloso y margoso.

Esta unidad, que se extiende de forma prácticamente continua por toda la franja meridional de la Ribera de Navarra, desde las Bardenas hasta las inmediaciones de la Sierra de Codes, puede considerarse como un buen nivel guía para la correlación de las series del Terciario continental. Este hecho ya fué destacado por RIBA (1964) y CRUSAFONT et al (1966), quienes consideraron, además, que se trataba del nivel de tránsito entre el Oligoceno y el Mioceno.

Sedimentológicamente, estos materiales representan el momento de máxima expansión lacustre del Terciario continental de Navarra.

### **2.1.2. Ciclo IV. Unidad de Gallipienzo-Leoz (Arverniense-Ageniense)**

Los materiales del Ciclo IV se localizan tanto en la parte occidental de la hoja, como en la terminación del anticlinal de Larraga, en el cuadrante nororiental.

Presenta tres litofacies:

Una litofacies de areniscas en capas extensas alternantes con lutitas, otra litofacies más lutítica y con menor contenido arenoso, y otra constituida por margas, arcillas y calizas.

Todas estas litologías corresponden a zonas medias, medio-distales y distales de unos abanicos aluviales cuyas cabeceras se situarían hacia el sector de Montejurra.

Los materiales de este ciclo se sitúan discordantemente sobre los del ciclo anterior en las zonas más proximales del aporte. En el ámbito de la hoja de Allo se disponen en aparente concordancia (paraconformidad).

#### **2.1.2.1. Areniscas en capas extensas y lutitas ocre y amarillentas (359). Arverniense-Ageniense**

Esta unidad cartográfica aflora exclusivamente en el borde noroccidental de la hoja, en las estribaciones de Montejurra.

Está constituida por areniscas de grano fino y medio en bancos de extensión hectométrica y espesores métricos, alternantes con lutitas de tonos pardo-amarillentos, ocre y rojizos. Localmente existe alguna capilla centimétrica de limos carbonatados. El espesor del conjunto alcanza los 100 m. en el ámbito de la hoja.

Los niveles de areniscas presentan cierta bioturbación, y estructuras canalizadas con laminación cruzada planar, ripples de corriente y cantos blandos.

Se interpretan como depósito fluviales anastomosadas y de llanura lutítica en partes medias de abanicos aluviales.

Se les atribuye una edad Arverniense-Ageniense por su posición estratigráfica.

#### **2.1.2.2. Fangos ocreos. Niveles de areniscas (365). Arverniense-Ageniense**

Está constituida por arcillas amarillentas y ocreos alternando con niveles de areniscas de grano fino en capas de tamaño centi a decimétrico, y algunos canales de escasa extensión lateral y espesor inferior a 1 m., y grano medio-grueso.

Como estructuras sedimentarias presentan granoselección positiva, laminaciones cruzadas planares y en surco, y ripples de corriente.

Las características sedimentológicas mencionadas indican, para estas zonas distales y de llanura lutítica, el predominio de la deposición de lutitas, a menudo como resultado de inundaciones generalizadas originadas por fenómenos de arroyada en manto (sheet-floods) aunque coexistiendo con esporádicos flujos canalizados.

Por su posición estratigráfica, se les asigna al intervalo Arverniense-Ageniense.

#### **2.1.2.3. Calizas y margas grises (363). Arverniense-Ageniense**

En la zona meridional de la hoja, sobre materiales correspondientes a la unidad 21, y en aparente conformidad, se reconoce una serie, fundamentalmente carbonatada, compuesta por margas y arcillas grises, con niveles de calizas micríticas intercaladas.

En la sección de San Marcos se han medido más de 350 m. de este tramo, formado por margas y arcillas grises y amarillentas, y calizas y calizas limolíticas grises en capas decimétricas. También contiene niveles centimétricos de areniscas y yesos.

Los términos finos han proporcionado una composición de filosilicatos (20-30%), cuarzo (13-14%), feldespatos (inferior al 5%) y calcita (superior al 50%).

Las calizas son micríticas y presentan abundantes restos de carofitas, gasterópodos y ostrácodos, y un grado de bioturbación elevado.

Se interpretan como depósitos de llanura lutítica, con desarrollo de lagos carbonatados de carácter efímero.

### **2.1.3. Ciclo V: unidad de artajona-olite**

Los materiales de esta unidad se encuentran ampliamente representados en la mitad oriental de la hoja.

Dentro de la misma se han diferenciado dos litofacies.

La primera corresponde a areniscas en canales extensos alternantes con lutitas, y aflora en la parte nororiental de la hoja. La segunda, que ocupa posiciones más meridionales, corresponde a lutitas ocreas con menores intercalaciones de areniscas y calizas.

Este conjunto de litofacies corresponde a un sistema aluvial cuya zona apical se situaría hacia el Diapiro de Estella.

#### **2.1.3.1. Areniscas en capas extensas y lutitas ocreas y amarillentas (383). Ageniense-Aragoniense**

Afloran en la zona NE de la hoja, en el área ocupada por la estructura sinclinal de Oteiza, y terminación del anticlinal de Larraga. Se apoya en aparente conformidad sobre materiales del ciclo anterior, si bien en zonas más cercanas al borde de la cuenca, este contacto es discordante.

Esta unidad está constituida por areniscas de grano medio y grueso, en bancos de continuidad lateral hectométrica y espesores métricos que alternan con limos y arcillas de tonos ocre-amarillentos y rojizos en ocasiones.

Las areniscas corresponden a rellenos de paleocanales con frecuentes estructuras de acreción lateral, laminación cruzada planar y ripples. También existen bancos con gravas calcáreas y cantos blandos en la base.

Corresponden a depósitos formados en el tránsito de un ambiente fluvial de alta energía, con cursos anastomosados y regímenes de sheet floods, a depósitos fluviales meandriformes de energía decreciente.

Por su posición estratigráfica se les atribuye una edad comprendida entre el Ageniense y posiblemente, el Aragoniense.

#### **2.1.3.2. Fangos ocre. Niveles de areniscas y calizas. (384). Ageniense-Aragoniense**

Esta unidad se localiza en la zona suroriental de la hoja. No existe continuidad de afloramiento con la descrita en el apartado anterior, al estar limitadas por un accidente tectónico, sin embargo, se considera como cambio lateral de la anterior.

Está formada por limos y arcillas de tonalidades ocre y amarillentas, localmente rosadas, que incluyen de espesores decimétricos a métricos de areniscas de grano fino y medio.

Como estructuras sedimentarias abunda la laminación cruzada planar y en surco, con bioturbación baja a moderada.

Corresponden a zonas medias-distales de abanicos aluviales, con desarrollo de canales fluviales anastomosados.



Al igual que la unidad anterior, a esta se le asigna una edad Ageniense-Aragoniense por su posición estratigráfica.

#### **2.1.4. Ciclo VI. Unidad sierra de ujue**

Los materiales de este ciclo constituyen el ultimo episodio del relleno sedimentario terciario en el ámbito de la hoja de Allo. Ocupan el sector centroseptentrional de la misma, en el núcleo de la estructura sinclinal de Oteiza, que alcanza mayor desarrollo en la hoja situada al Norte.

Se apoya mediante discordancia sobre sedimentos del Ciclo anterior (Artajona-Olite).

##### **2.1.4.1. Areniscas y lutitas ocre y amarillentas. (408) Aragoniense-Vallesiense**

Esta unidad esta formada por una alternancia de areniscas de grano medio y fino, en paleocanales de escasa extensión lateral, y lutitas de tonos ocre y amarillentos que localmente pueden presentarse con colores más rosados.

Las areniscas presentan laminaciones cruzadas y bioturbación moderada.

Se interpretan como depósitos de llanura lutítica donde se desarrollan canales fluviales de carácter anastomosado.

Tentativamente, se les asigna una edad Aragoniense-Vallesiense.

## **2.2. CUATERNARIO**

### **2.2.1. Pleistoceno**

#### **2.2.1.1. Limo-arcillas, arenas, gravas, cantos y bloques. Glacis (519). Pleistoceno**

Esta formación superficial alcanza su mayor representatividad en el margen suroccidental de la hoja, donde se localiza el nivel más antiguo, que consta de limo-arcillas, con gravas y cantos y bloques de arenisca, de textura subangular y subredondeada y potencias que oscilan entre 1 y 3 m.

Al E del río Ega, existen unos pequeños recubrimientos del nivel más reciente, compuestos por limo-arcillas y arenas, con cantos de arenisca y bloques muy dispersos, con espesores que no alcanzan el metro.

Estos materiales se inscriben en el ámbito del Pleistoceno, correspondiendo el nivel más antiguo a etapas tempranas de dicho período, anterior al encajamiento del río Ega. El depósito más reciente debe corresponder a episodios próximos al holoceno, sin descartar su inclusión en dicha época.

#### **2.2.1.2. Limo-arcillas, gravas, cantos y bloques. Terrazas (508). Pleistoceno-holoceno**

En la hoja de estudio se han cartografiado una serie de terrazas correspondientes a los ríos Ega y Arga.

En el primero de ellos, se reconocen cuatro niveles a +(10-15); +(25-30); +(40-45) y +(50-55) m, existiendo una superficie sin depósito observable a + 790 m, que podría corresponder a uno de los niveles superiores (terrazza erosiva).

En el Arga, debido a su mínima implantación en el territorio de estudio, sólo se ha cartografiado un depósito a +5 m.

Su litología está compuesta por limo-arcillas, con gravas, cantos y bloques de arenisca, caliza y muy raramente cuarcitas. Los clastos de formas elongadas y esféricas, presentan texturas subangulosas y subredondeadas, con cementaciones locales en los niveles superiores. Las potencias oscilan entre 2 y 8 metros.

Se asigna una edad Pleistoceno a estas formaciones si bien, la inferior (río Arga), debe corresponder ya al Holoceno.

## **2.2.2. Holoceno**

### **2.2.2.1. Limos, arenas, gravas, cantos y bloques. Fondos de valle (527). Meandros abandonados (530) y conos de deyección (536). Holoceno**

Son depósitos de génesis reciente, incluso funcionales en la actualidad, de distribución irregular por la hoja de estudio.

Están formados por limo-arcillas con arenas, gravas y cantos esporádicos, con bloques prácticmanete ausentes. Los clastos son de naturaleza areniscosa o calcárea. El espesor visible es de 2-3 metros.

### **2.2.2.2. Limo-arcillas, gravas, cantos y arenas. Coluviones (543). Holoceno**

Se encuentran en buena medida, por la mitad oriental de la hoja, y mucho más dispersos por el resto.

Constan de limo-arcillas, con clastos muy subordinados de arenisca, y raramente calizas o yesos.

Se consideran de edad Holoceno subactual estimado comprendiendo su espesor entre 0,5 y 1,5 m.

**2.2.2.3. Limo-arcillas y arenas con cantos dispersos. Glacis subactuales (534) y depósitos aluvial-coluvial (537). Holoceno**

Son derrames recientes (glacis subactuales) y recubrimientos de génesis mixta (fluvial-vertiente), con facies litológicas y compuestas por detríticos finos con muy pocos cantos.

Su espesor no supera los 50 cm, y se consideran materiales de edad reciente.

**2.2.2.4. Limo-arcillas con materia orgánica. Areas endorreicas (541) holoceno**

Se trata de dos zonas recubiertas por limos orgánicos, correspondientes a cubetas hidroeólicas, asociadas a procesos de erosión diferencial, acompañados de deflación eólica.

Su edad es Holoceno subactual.

**2.2.2.5. Materiales heterogeneos diversos. Escombreras o vertederos y rellenos artificiales (539). Actual**

Acumulaciones antropicas de origen diverso, con espesores comprendidos entre 3 y 6 metros.

### **3. TECTONICA**

#### **3.1. TECTONICA REGIONAL.**

Desde el punto de vista estructural la zona estudiada está situada en la zona externa meridional de la Cadena Pirenaica.

El conjunto de los Pirineos se ha interpretado recientemente mediante un modelo estructural de piel fina ("thin skinned tectonics"), (WILLIAMS y FISCHER, 1984). En este modelo la Cadena Pirenaica se interpreta como un cinturón de cabalgamientos de doble vergencia generado por la colisión de Iberia y Europa. La estructura alpina de los Pirineos está condicionada básicamente por un cabalgamiento hacia el Sur sobre una falla maestra basal que buza unos 6º hacia el Norte. El extremo frontal del sector meridional pirenaico es en general un cabalgamiento ciego que queda cubierto por los depósitos oligo-miocenos de la Cuenca del Ebro, y que suele manifestarse mediante un amplio anticlinal. Este cabalgamiento frontal puede ser una rampa emergente hacia el Este y Oeste del sector estudiado, en las Sierras Exteriores y la Sierra de Cantabria. Hacia el interior (Norte) se desarrolla a nivel de mesozoico un abanico imbricado de cabalgamientos, con un sistema de cabalgamientos ciegos o que cortan sedimentos terciarios, que enraizan a nivel del Trias. Las cuencas terciarias existentes en la vertiente meridional de la Cadena son interpretables como cuencas de antepais (foreland basins) inducidas por el engrosamiento tectónico (PORTERO y ALVARO, 1984) que evolucionan de acuerdo con los eventos estructurales del cinturón de cabalgamientos pirenaico.

La mayor parte del territorio de la zona de estudio está constituido por depósitos clásticos continentales de edad oligomioceno. La sedimentación muestra evidencias claras de su carácter sintectónico.

-Gran espesor (mayor de 7 kilómetros), que indica una subsidencia continuada e importante. La causa de la subsidencia es la flexión de la litosfera inducida por el engrosamiento tectónico.

-Migración de facies y depocentros hacia el Sur, a lo largo del tiempo, condicionado por la migración de los frentes de cabalgamiento.

-Existencia de discordancias progresivas condicionadas por pliegues sinsedimentarios (growth-folds), posiblemente en relación con cabalgamientos ciegos en el sustrato mesozoico.

-Disposiciones sedimentarias en on-lap muy evidentes en la unidad tectosedimentaria Arverniense-Ageniense.

Los ciclos sedimentarios definidos en las hojas estudiadas están en relación clara con la actividad de los cabalgamientos. Los pulsos de subsidencia y las discontinuidades estratigráficas mayores están asociadas a la discontinuidad de la actividad tectónica: las discontinuidades estratigráficas marcan las principales etapas de actuación o aceleración de los cabalgamientos. La discontinuidad Luteciense (fase Pirenaica) marca el comienzo de la estructuración, en este periodo, de la Cadena, generándose los cabalgamientos de las zonas internas. Las discontinuidades oligocenas (fases Sávica y Castellana) están en relación con la progresión de los cabalgamientos hacia las zonas externas (Sur) durante esta época. El despegue de la cobertera debió alcanzar la actual zona frontal surpirenaica durante el Oligoceno superior. Sin embargo, la actividad tectónica persistió hasta el Mioceno inferior (fase Neocastellana).

Es destacable la correlación existente entre las principales etapas de cabalgamiento en los Pirineos y las discontinuidades que originan en los depósitos sintectónicos de sus cuencas de antepais, y las fases de deformación en las Cadenas Costero-Catalanas y Celtibérica, indicando que la génesis de las tres cadenas corresponde a un mismo acondicionamiento geotectónico de orden mayor.

La evolución de las cuencas terciarias de antepais en este sector de la vertiente surpirenaica se puede esquematizar de la siguiente manera:

Durante el Eoceno se inicia la deformación con la fase Pireanica (Luteciense). Se forman cuencas con sedimentación marina, depósitos de tipo "flysch" (turbiditas) en las zonas situadas más al Norte de las hojas estudiadas.

La progresión del despegue basal hacia el Sur convierte a estos surcos en cuencas alóctonas "thrust sheet top basins", "piggy back basins", ORI y FRIEND (1984), ELLIOT et al, (1985), HOMEWOOD et al (1985), RICCI LUCCHI y ORI (1985), que son transportadas hacia el Sur sobre el conjunto de la cobertera despegada.

Los afloramientos mesozoicos de Yesa, Sierra de Alaiz, etc. corresponden a la rampa frontal del "flysch" inicial de un conjunto de nuevos surcos cuyo relleno principal consiste en depósitos clásticos continentales oligocenos y miocenos, la "Molasa sintectónica". Estos surcos también son deformados internamente de manera progresiva y transportados hacia el sur sobre el cabalgamiento basal. Este cabalgamiento finaliza en una rampa frontal que se manifiesta en superficie como pliegues anticlinales y cabalgamientos que afectan a los depósitos oligocenos.

Las estructuras de plegamiento del relleno sintectónico de la cuenca de antepais corresponden también, posiblemente, a cabalgamientos ciegos que afectan a la cobertera mesozoica subyacente. Localmente algunos cabalgamientos son característicos de growth-folds.

Delante (Sur) del cinturón de cabalgamientos y de sus cuencas de antepais activos (alóctonos) se desarrolla una fase de antepais pasiva, la Cuenca del Ebro, inducida por el engrosamiento tectónico de la Cadena y la acumulación de depósitos sinorogénicos en su borde. Esta cuenca no ha sido deformada, y su relleno, mediante la "Molasa postectónica o autóctona", tiene lugar principalmente durante una fase de relleno pasivo en el Mioceno. Asimismo algunas depresiones condicionadas por las estructuras residuales de las cuencas alóctonas (sinclinal de Itacayo en la hoja de Tafalla, por ejemplo) completan su relleno final durante la etapa postectónica.

## **3.2. PRINCIPALES ESTRUCTURAS**

Desde el punto de vista estructural, la hoja de Oteiza se enmarca en la zona septentrional de la Depresión del Ebro, próxima a la alineación diapírica de Estella-Dax.

Dentro de su ámbito pueden destacarse los siguientes elementos tectónicos:

### **3.2.1. Falla y zona tectonizada del Ega**

Corresponde a un accidente muy importante pero que, sobre el terreno, resulta de difícil observación.

Su localización ha sido posible mediante la observación cuidadosa de las relaciones entre las distintas unidades litológicas. La dificultad radica en la similitud general entre las litofacies presentes, por lo que solo después de un cuidadoso análisis de las mismas y su atribución a los distintos Ciclos citados en el capítulo de estratigrafía, ha sido posible la caracterización del accidente.

Se trata de una falla que, en la hoja de Allo, penetra por su borde Norte a favor del valle del Ega. En esta zona su traza presenta una dirección sensiblemente Oeste-Este, para sufrir una brusca inflexión y adoptar dirección casi submeridiana en la zona del vértice de San Bartolomé.

Hacia el Sur, presenta una evolución compleja, con un nuevo tramo Oeste-Este, que posiblemente se encuentre en relación con el cabalgamiento meridional del anticlinal de Tafalla, y resolviéndose hacia el Sur en varios accidentes de distinta importancia.

En general, el accidente presenta su labio hundido al Este y al Norte.

### **3.2.2. Anticlinal de Allo y sinclinal de los arcos**

Ubicados en la zona occidental de la hoja corresponden a dos estructuras, con buzamientos muy suaves y dirección sensiblemente Oeste-Este.



Afectan sobre todo a materiales del Ciclo III (Mendigorría). Se desarrollan más ampliamente en la vecina hoja de Azcona, al Oeste. Hacia el Este, se ven interrumpidos por la zona tectonizada del Ega descrita en el apartado anterior.

### **3.2.3. Sinclinal de Oteiza y anticlinal de Larraga**

Localizados en la parte nororiental de la hoja. Se trata de dos estructuras suaves que presentan repliegues locales, y que afectan a materiales de distintos Ciclos. El sinclinal de Oteiza alcanza un desarrollo mayor en la vecina hoja al Norte, mientras que el anticlinal de Larraga solamente está representado en su terminación más occidental.

## **4. GEOMORFOLOGÍA**

En la región del territorio navarro en que se ubica la hoja de Allo, se reconocen tres grandes dominios o unidades geomorfológicas: Relieves Estructurales, Llanuras y Lomas y por último Valles Fluviales.

Dentro de los primeros se inscriben los conjuntos orográficos de la mitad centro-sur de la hoja (Altos de San Marcos), los segundos se encuentran presentes en la mitad septentrional de la hoja, mientras que los Valles Fluviales principales, están caracterizados principalmente por los corredores del Ega y Arga.

Las características geomorfológicas más significativas de la hoja se refieren a la extensa implantación de las formas fluviales de carácter deposicional, asociadas principalmente al Valle del Ega (terrazas y fondo de valle) y en menor medida al resto de la red de drenaje.

Otra característica relevante del modelado es la presencia de superficies de aplanamiento (glacis), que se instalan fundamentalmente en el sector occidental de la hoja.

Son notables, además los procesos de vertiente de tipo acumulativo (coluviones), que recubren grandes extensiones de la mitad oriental, y sobre todo del cuadrante SO.

Las formas endorreicas se encuentran también presentes, en el borde meridional y el margen oriental de la hoja.

Por último, existen actividades antrópicas de tipo extractivo (canteras) o acumulativo (escombreras o vertederos municipales y rellenos artificiales).

## **4.1. SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA**

La hoja de Allo (172-IV) se localiza en el sector central de la Comunidad Foral de Navarra, inscribiéndose en el dominio morfoestructural del borde septentrional de la Cuenca del Ebro.

Se caracteriza por presentar relieves poco contrastados, con altitudes que oscilan entre algo más de 300 metros y unos 525 metros, conformando una orografía llana, o suavemente alomada, salvo en las zonas donde se alcanzan las mayores cotas topográficas (Altos de San Marcos, 527 m y San Bartolomé, 520 m) o destacan algunas sierras menores (Corraliza de San Gil-Carcacierzo y Galloscantan).

El río Ega, principal arteria fluvial, recorre el tercio occidental de la hoja, según una dirección N-S, mientras que el Arga tan sólo se observa en un reducido sector del borde NO.

Otros cauces señalables son los barrancos de La Nava, La Garganta, San Gil y Doña Toda, de carácter esporádico, de San Pedro de tipo estacional y Riomayor, permanente.

El clima es mediterráneo continental templado, con temperaturas anuales medias de poco más de 13°C y pluviometrías absolutas comprendidas entre 500 y 550 mm.

## **4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO**

### **4.2.1. Estudio morfoestructural**

El sustrato geológico del territorio de estudio consta de los siguientes conjuntos litológicos.

La mitad septentrional está representada por areniscas en capas extensas, limos y arcillas pertenecientes al Oligoceno superior y Mioceno inferior, que hacia el E y SE cambian a arcillas con niveles de areniscas de la misma edad.

En la parte central de la hoja afloran arcillas con niveles de calizas y areniscas, orladas por margas con niveles de yesos y caliza. Ambos conjuntos son atribuibles al Mioceno inferior.

El borde suroccidental se encuentra ocupado por yesos procedentes del cambio lateral de facies de las tres unidades anteriores, mientras que el margen SE de la hoja son arcillas con capas finas de areniscas, todos ellos también de edad Mioceno inferior.

Sobre los materiales más consistentes (areniscas y calizas, fundamentalmente) se han generado los rasgos morfoestructurales más sobresalientes, reflejados en la cartografía geomorfológica:

a)Escarpes y superficies estructurales en series monoclinales: areniscas y calizas del Mioceno inferior en San Lorente y Altos de San Marcos. En menor medida se disponen sobre los niveles calcáreos o yesíferos de la misma edad, que alternan con margas.

b)Escarpes y superficies estructurales en sedimentos subhorizontales: muy poco representativos, se localizan sobre capas de areniscas del Oligoceno superior-mioceno inferior.

c)Crestorios: sobre niveles de areniscas del Mioceno inferior del margen SE de la hoja.

d)Cerros cónicos y líneas de capa: sobre areniscas oligocenas y miocenas. Son formas bien representadas en los dos tercios orientales.

e)Chevróns: sobre niveles competentes del Mioceno inferior. Se localizan en la vertiente meridional de los Altos de S. Marcos.

f)Basculamientos: se han detectado sobre fotografía aérea en el nivel de glaciares (con sustrato yesífero) de Corral de Anta (esquina SO de la hoja), sin embargo en campo no es observable la deformación.

#### **4.2.2. Estudio del modelado**

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

#### **4.2.2.1. Formas de ladera**

Son frecuentes las vertientes de perfil cóncavo, recubiertas por depósitos procedentes de los relieves inmediatos o contiguos (coluviones). Adquieren especial importancia en el cuadrante suroriental, donde suelen servir de enlace entre los materiales terciarios y los valles de fondo plano que ocupan dicho sector. Se encuentran presentes en menor medida en el Barranco de la Nava distribuyéndose también, de forma muy irregular por el resto de la hoja.

Por otra parte se han cartografiado dos laderas regularizadas (de perfil rectilíneo, con concavidad basal y convexidad somital, poco desarrolladas) en los alrededores del paraje de Los Pilares, junto al camino de Baigorri.

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

Se encuentran representadas fundamentalmente en el valle del río Ega, y en algunos otros cursos de carácter permanente, estacional o esporádico.

Han sido reconocidos cuatro niveles de terrazas del Ega, situadas a +(10-15); +(25-30), +(40-45) y +(50-55) m sobre el talweg actual, que alcanzan su mayor representatividad y extensión aguas abajo de la confluencia de aquel con el arroyo del Prado.

Hay que hacer mención a una superficie desmantelada situada a unos 70 m sobre el cauce (Casas de Baigorri), en la que no se ha observado ningún indicio de depósito fluvial, pero bien podría corresponder a uno de los primeros episodios del encajamiento del Ega. Se ha cartografiado como terraza erosiva.

En el río Arga y debido a su mínima representación en el contexto de la hoja, tan sólo se observa su nivel inferior situado a 5 m sobre el talwegs.

El fondo de valle actual del río Ega se reduce prácticamente, en la mitad septentrional de la hoja, a su cauce activo, mientras que aguas abajo de la confluencia con el arroyo de San Pedro, se ensancha progresivamente, hasta alcanzar una anchura próxima al kilómetro.

Los barrancos de San Gil, de la Garganta y la Nava, entre otros, ocupan valles de fondo plano de dimensiones notables y recorridos kilométricos.

Otras formas deposicionales reflejadas en la cartografía son: conos de deyección (valle del Ega y La Bajada) y meandros abandonados (Valle del Ega).

El modelado fluvial de carácter denudacional o erosivo se caracteriza por procesos de incisión lineal y por piping, estos últimos restringidos a la cabecera del barranco de San Gil, donde, además, se observa la surgencia de dicho fenómeno. Se han cartografiado las zonas afectadas por acarcavamiento (margen derecha del barranco de Baigorri e izquierda del arroyo Riomayor) y barranco de la Garganta y arroyada en regueros (Corral de Ocarín-Lagaza).

Los escarpes de terraza se diferencian de acuerdo a que aquellos se encuentren o no desconectadas entre si o con el valle actual.

Se ha detectado una captura por retroceso de cabecera entre dos arroyos al S de Corraliza de San Gil.

Por ultimo, la importancia de los ríos Arga y Ega aconseja señalarlos como cauces activos en la cartografía.

#### **4.2.2.3. Formas poligénicas**

Hay que diferenciar dos tipos de glaciares: pleistocenos y subactuales. Los primeros se localizan casi exclusivamente en la margen derecha del río Ega, si se exceptúan dos pequeños retazos instalados al S de Corraliza de San Gil. Los segundos recubren un pequeño sector entre el camino Viejo de Lerín y la NA-6110.

Por otra parte se señalan algunos depósitos de origen vertiente-fluvial denominados aluvial-coluvial.

#### **4.2.2.4. Formas endorreicas**

Se restringen a dos zonas deprimidas localizadas en el borde meridional de la hoja y al S de Corraliza de la Balsa, que corresponden a morfologías asociadas a procesos de erosión diferencial, acompañados de deflación eólica.

#### **4.2.2.5. Formas antrópicas**

Referidas a las actividades humanas de tipo extractivo (canteras), escombreras o vertederos municipales y rellenos de origen artificial.

#### **4.2.3. Formaciones superficiales**

En el capítulo de Estratigrafía del Mapa Geológico, se realiza una breve descripción de los depósitos cuaternarios cartografiados en la hoja de Allo. A continuación se describen detalladamente, en orden a su génesis y edad, expresándose entre paréntesis la letra asignada en el Mapa Geomorfológico. Se indica también en el texto, el número que corresponde a cada una de estas formaciones en el Mapa Geológico.

Los principales depósitos cuaternarios cartografiados son de génesis fluvial localizándose en el valle del río Arga (mitad oriental de la hoja).

##### **4.2.3.1. Limo-arcillas, gravas, cantos y arenas. Coluviones (a). Laderas. Holoceno**

Son depósitos generalmente poco potentes (0,5 y 1,5 m) que si bien se distribuyen irregularmente se encuentran altamente representados en la mitad oriental de la hoja.

Litológicamente se trata de limo-arcillas de color ocre, marrón y marrón oscuro, con clastos muy subordinados (areniscas y muy raramente calizas o yesos).

Sólo se ha observado un buen corte de estos depósitos (margen derecha del arroyo de S. Pedro) constituido por limo-arcillas (60%), gravas (30%) cantos (5%) y arenas (5%). Las gravas se encuentran bien graduadas (mal clasificadas) mientras que los cantos no superan los 15 cm de diámetro. Se trata de materiales sueltos (sin cementar) de color marrón con tonalidades medias y espesor aproximado de 1,5 metros.

Se consideran materiales holocenos subactuales.

#### **4.2.3.2. Limo-arcillas, gravas, cantos y bloques. Terrazas (b, c, d, e, f). Fluvial. Pleistoceno-holoceno**

En el territorio de estudio se han cartografiado una serie de terrazas correspondientes a los ríos Ega y Arga.

Son numerosos los autores que se han ocupado del estudio de estas formaciones superficiales: MENSUA y BIELZA (1974); HERNANDEZ et al (1984) y LERANOZ (1990), entre otros, en el rio Ega. BOMER (1978) y JUARISTI (1979), fundamentalmente en el Arga.

En el rio Ega, MENSUA y BIELZA, op. cit. citan, en el contexto de la hoja 1:25.000 de Allo, la presencia de tres niveles dispuestos en situación asimétrica situados a + (45-50), +(324) y +(7-10) metros sobre el cauce, de composición homogénea, con predominio de las calizas claras y algunos cantos de ofitas, granulometría homométrica, en líneas generales, y encostramientos calcáreos de poco volumen.

LERANOZ, op. cit. distingue cinco niveles a +2, +(10-15), +(25-30), +(35-45) y +(50-70), que realmente se reducen a cuatro si se considera el inferior como el fondo de valle actual, encajado por el río. Atribuye a dichos depósitos una facies litológica de gravas redondeadas subesféricas de calizas mesozoicas diversas, alguna arenisca y calizas terciarias, pocas cuarcitas o areniscas en general, con algo de silex y cantos de ofitas, siendo la matriz de arenosa a limosa, la cementación escasa y abundantes los lentejones de gravas granosostenidas, con los cantos recubiertos por una pátina de óxidos o de envueltas micríticas.



Como se ha citado en el apartado 2.2.2., en el presente estudio se han reconocido cuatro niveles en el río Ega y uno (debido a su mínima presencia en la hoja) en el Arga.

En el primero de ellos se instalan a +(10-15) (nivel "e"), +(25-30) ("d"); + (40-45) ("c") y +(50-55) ("b") metros, existiendo una superficie sin depósito observable a +70 metros (véase apartado 2.2.2.) que parece corresponder a uno de los niveles superiores (terrazza erosiva). En el río Arga, tan sólo se encuentra presente la terraza inferior ("f") a +5 m.

Las litologías de los diferentes niveles del río Ega, coinciden, a grandes rasgos, con las expuestas por MENSUA y BIELZA y LERANOZ, op. cit., no obstante se han caracterizado algunos perfiles con los siguientes resultados:

a) Margen izquierda: Al S de barranco de Baigorri. Margen derecha: Prado Roma: Nivel "b", +(50-55). Terrazas desmanteladas y coluvionadas. 1-2 m de limo-arcillas de color marrón claro (65-70%), cantos subredondeados de arenisca y caliza (15%), gravas bien graduadas (10%) y bloques (5%) de la misma composición, con algo de fracción arena.

En algunos puntos se observa cementación de los clastos.

b) Margen derecha: Paso de Picado. NA-122 (km. 16,900). 500 m al SE de Corral de Ocarin. Plano de Arriba. Los Cigüeños. Nivel "c" (+40-45). Limo-arcillas de baja plasticidad marrones desde tonos claros a oscuros (70-80%), gravas bien graduadas (15-25%) y cantos (5-10%) de arenisca y caliza fundamentalmente.

Bloques y fracción arena prácticamente ausentes.

La forma de los clastos es: subangulosa o subredondeada. Cementaciones locales. Espesor comprendido entre 2 y 4 m.

c) Margen derecha: Carretera a la papelera de Sarriá. La Plana. Nivel "d", (+25-30). Limo-arcillas (40-50%) de baja plasticidad de color marrón anaranjado y tonalidades medias, gravas (40%) por lo general bien graduadas (mal clasificadas), que localmente se encuentran mal

graduadas, con tamaños en este último caso, entre 2 y 7 cm, cantos (10-20%) y bloques o fracción arena prácticamente ausentes. Los clastos de forma elongada, esférica y discoidal son de arenisca, caliza y alguna cuarcita u ofita. El conjunto presenta una consistencia baja, si bien en algunos puntos de La Plana se observa una cementación de baja a media. No se observan estructuraciones internas (masivo). El espesor oscila entre 2 y 3 metros.

d) Margen izquierda: Chaparral. Cabaña Redonda. Junto al barranco de Baigorri. Campo Estella. Nivel "e" (10-15). Limo-arcillas de color marrón claro a oscuro (50-75%), de baja plasticidad, con gravas (10-30%), cantos (5-15%), bloques (0-10%) y algo de fracción arena. Los clastos, fundamentalmente de arenisca y caliza, se encuentran subredondeados y adquieren formas elongadas o discoidales. La consistencia es baja, sin apenas precosos de cementación. Potencia: 6-8 metros.

Finalmente, el nivel "f", correspondiente exclusivamente al río Arga se ha observado en La Idesa (esquina NE de la hoja). Consta de limos de llanura de inundación de coloración marrón de tonos medios, con gravas y cantos subordinados, compuestos por calizas, areniscas y algunos cantos de cuarzo. Se sitúa a unos 5 m sobre el talweg actual.

**4.2.3.3. Limos, arenas, gravas, cantos y bloques. Fondos de valle. Llanura de inundación. Meandros abandonados. Conos de deyección (g). Fluvial. Holoceno**

Se trata de una serie de formaciones superficiales de génesis reciente o incluso funcionalidad actual, que recubren irregularmente la hoja de estudio.

Están constituidos por limos arcillas y arenas, con gravas y cantos subordinados y bloques prácticamente ausentes.

El fondo de valle del río Ega en La Bayera consta de limo-arcillas con algo de fracción arena (70-80%), de baja plasticidad, con cantos y gravas (20-30%) de arenisca y caliza. La potencia visible es de 2-3 metros.

**4.2.3.4. Limos-arcillas, arenas, gravas, cantos, y bloques. Glacis (h, i). Poligenico. Pleistoceno**

MENSUA y BIELZA, op. cit., citan la existencia de una superficie de aplanamiento muy degradada, en el sector oriental y suroriental de Montejurra, que enlazaría con el valle del río Ega.

LERANOZ op. cit., menciona la presencia de varios niveles escalonados que enlazan con los niveles de terraza de "e", "d", "c" y "b" poco potentes con cantos de areniscas terciarias y matriz limosa rojiza.

En el presente estudio se ha constado la presencia de la superficie de aplanamiento citada anteriormente, que enlazaría con los relieves de Montejurra. No obstante sólo se ha observado un nivel de glacis de estas características ("h"), que alcanza su mayor representatividad en el margen SO de la hoja.

Se ha estudiado en los siguientes puntos:

a)Cruce de Caminos de Santiago y Hurmayor. Montecillo

Limo-arcillas de baja plasticidad (75%), gravas (15%), cantos (10%) y bloques (<1%). Los clastos son fundamentalmente de arenisca, subangulosos y subredondeados.

La coloración del conjunto es marrón de tonos pálidos, se encuentra el material suelto (sin cementar) y no se observan texturas o estructuración interna (masivo). En algunos puntos (Montecillo) se encuentra muy degradada, habiéndose perdido la cobertera detrítica. El espesor oscila entre 1 y 2 m.

b)Corral de la Gaza. Corral de Antz

Extenso depósito que enlaza con el nivel de terraza +(40-45), si bien queda claramente por encima de este.

Se trata de limo-arcillas de plasticidad baja-media, con cantos o gravas subordinados.

Ya en la margen izquierda del Ega, y al S de Corraliza de San Gil se han detectado dos pequeños retazos de un glacis ("i"), procedente de los relieves de los Altos de San Marcos, y escasamente más reciente que el nivel anterior. Se trata de limo-arcillas y arenas con cantos de arenisca y algún bloque muy disperso. La potencia no llega a alcanzar el metro.

Los depósitos descritos se inscriben en el ámbito del Pleistoceno, correspondiendo el nivel "h" a una etapa temprana de dicho período, anterior al encajamiento del río Ega; el nivel "i" debe corresponder ya a episodios próximos al Holoceno, sin descartar su inclusión en dicha época.

#### **4.2.3.5. Limo-arcillas con cantos dispersos. Glacis subactuales y depósitos aluvial-coluvial. (j). Poligénico. Holoceno**

Se trata de derrames recientes (glacis-subactuales) y recubrimientos de génesis mixta fluvial-vertiente. Los primeros se instalan al SE de Corraliza de San Gil y poseen unas facies litológicas muy similares a las descritas para el glacis "i", mencionado con anterioridad. Los segundos ocupan zonas deprimidas de distribución irregular en el contexto de la hoja. Su espesor, en ningún caso supera los 50 cm.

Son materiales holocenos, subactuales, muy recientes.

#### **4.2.3.6. Limos-arcillas con materia orgánica. Areas endorreicas (k). Lacustre/endorreico. Holoceno**

.2.3.6Limos-arcillas con materia orgánica. Areas endorreicas (k). Lacustre/endorreico. Holoceno

Se han cartografiado dos zonas ocupadas por limos de color marrón muy oscuro, incluso de aspecto negruzco, con materia orgánica, que corresponden a cubetas endorreicas, situadas entre los km. 2-3 y 5-6 de la NA-6110.

Su edad es Holoceno subactual.

#### **4.2.3.7. Materiales heterogéneos diversos. Escombreras ó vertederos y rellenos artificiales (I). Antrópico. Actual**

Situados en las proximidades de los principales núcleos de población de la hoja. Se incluyen los vertederos de Corral de Ocasin y los situados junto al km. 13 de la NA-122 y en las proximidades de la Papelera Sarrió. Poseen espesores entre 3 y 6 metros.

### **4.3. EVOLUCIÓN DINÁMICA**

El primer evento de la construcción del relieve hoy observable en la hoja de Allo, se refiere a las morfologías estructurales que forman la arquitectura principal del paisaje.

El río Ega, en los comienzos del cuaternario, antes de iniciarse los ciclos de deposición y encajamiento que formaron sus terrazas, se encontró con una superficie nivelada, sobre los materiales poco resistentes, en pendiente constante hacia el Ebro, donde instaló su cauce sin dificultad (MENSUA y BIERZA, op. cit.; GONZALO, 1981).

Esta superficie fue elaborada de un modo poligénico: en su parte septentrional, a partir del pie de Montejurra, coetáneamente a la gestación de su glacis, se produjo una peniplanación de la facies margo-arenosa. El actual valle del Ega se origina a partir de dicha superficie de nivelación poligénica, mediante procesos de excavación y aterrazamiento, que sin ser tan activos como los de otros afluentes del Ebro, son bastante considerables dada la escasa superficie de su cuenca (MENSUA y BIELZA, op. cit.). Este modelo evolutivo se hace extensivo al río Arga.

Ya en épocas holocenas se reconocen alternancias de etapas acumulativas y de incisión en los depósitos de las laderas y valles de fondo plano, que se deben a cambios climáticos y/o acción antrópica.

Finalmente, bajo las condiciones climáticas actuales, que señalan un medio morfoclimático semiárido, los procesos dominantes son los de erosión hídrica, a los que acompañan en menor intensidad los de meteorización mecánica y química movimientos de masas y erosión eólica.

#### **4.4. MORFOLOGÍA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS**

Los principales cursos fluviales presentes en la hoja (Ega y Arga), funcionan en la actualidad como ríos meandriformes, con una notable capacidad de transporte por arrastre de la carga de fondo, lo que se acentúa en las épocas de crecida.

En la actualidad existe, sin embargo, un claro predominio de los procesos de erosión sobre los de acumulación, pérdidas de cobertera de suelo, acción de la arroyada, incisión y ahondamiento de los cauces, etc.

Por otra parte, las actividades antrópicas (de forestación, sobrepastoreo, labores agrícolas), instalación de vertederos de residuos, canteras, etc.) pueden incidir negativamente en el equilibrio dinámico, con imprevisibles consecuencias futuras, lo que se minimizaría con una adecuada política de conservación del entorno territorial.

## **5. HISTORIA GEOLOGICA**

En este apartado se ofrece una visión general de la evolución tectosedimentaria del sector abarcado por este cuadrante, teniendo en cuenta los datos obtenidos durante el estudio de los mismos, así como los provenientes de otros estudios previos y/o de índole más regional. De este modo analizaremos la evolución areal y vertical de los distintos sistemas deposicionales representados en el cuadrante, haciendo hincapie en los principales factores que condicionaron su desarrollo y las modificaciones que produjeron a lo largo del tiempo.

A gran escala, la evolución sedimentaria registrada por esta zona se puede subdividir en dos fases principales. La primera comprendería toda la serie de acontecimientos registrados durante el Mesozoico y el Terciario inferior, periodo en el que toda la zona constituyó el borde meridional de la Región Vasco-Cantábrica. Por su parte, la segunda fase abarcaría la historia más reciente de la zona, coincidente con el depósito de la sucesión del Terciario continental, en el marco de la Cuenca de Antepaís del Ebro. Estas dos fases, pueden, a su vez, dividirse en varias etapas representadas por los diferentes ciclos y secuencias deposicionales diferenciados a lo largo de la zona.

### **5.1. EVOLUCION DURANTE EL MESOZOICO Y TERCIARIO INFERIOR**

Como se acaba de indicar, durante el Mesozoico y Terciario inferior, la evolución de la zona de estudio habría estado estrechamente ligada a la experimentada por el conjunto de la Región Vasco-Cantábrica. Esta región forma parte del cinturón orogénico de los Pirineos, constituyendo la zona de enlace entre la parte central de la cadena y el actual margen continental noribérico. Su registro sedimentario es variado y potente (en algunos puntos llega a superar los 15.000 m), y principalmente está constituido por materiales mesozoicos y más concretamente del Cretácico.

La evolución tectosedimentaria de la Región Vasco-Cantábrica ha sido dilatada y compleja, comenzando a finales del Paleozoico y extendiéndose hasta bien entrado el Terciario. Dicha evolución estuvo principalmente controlada por la interacción de las placas Europea e Ibérica,

y a gran escala dentro de ella se pueden distinguir dos periodos principales, cuyos caracteres detallados quedan recogidos en trabajos como los de Montadert et al. (1974), Rat et al. (1983), Rat (1988) y García-Mondéjar (1989): un primero dominado por movimientos de caracter distensivo desde el Paleozoico final al Cretácico superior; y uno posterior caracterizado por movimientos compresivos desde el Cretácico final hasta bien entrado el Terciario (aproximadamente hasta el Eoceno superior). De forma resumida, la sucesión de acontecimientos registrados durante ambos periodos fue la siguiente.

Como resultado de la fracturación tardihercínica, durante el Triásico inferior se configuraron numerosas cuencas que se fueron rellenando con siliciclásticos continentales y carbonatos marino someros, y finalmente con evaporitas (esto último ya en el Triás Keuper, ver García-Mondéjar et al, 1986) que darian lugar a las extrusiones diapíricas que se reconocen en diferentes puntos de la región. La compartimentación en bloques desarrollada durante esos momentos queda reflejada en las importantes variaciones de espesor de estos materiales, así como en la intrusión de magmas basálticos (ofitas). Ya durante el Jurásico inferior y medio se produjo una subsidencia más uniforme y amplia, tectónicamente pasiva, con implantación progresiva de la sedimentación marina en casi toda la región. A pesar de ello, se desarrolla una gran subsidencia diferencial con desarrollo de surcos intraplataforma (Meléndez, 1976). A gran escala todo el intervalo Triásico-Jurásico se ha considerado como una etapa representativa de un "rift" incipiente.

La etapa de "rifting" propiamente dicha se desarrolló a partir del Jurásico final (primeros movimientos kimméricos; Pujalte, 1981) y a lo largo del Cretácico inferior. Durante ella toda la Región Vasco-Cantábrica evolucionó como una cuenca sedimentaria individualizada. En un primer momento se definieron las denominadas "fosas wealdenses" (Pujalte, 1977), sistema de subcuencas limitadas por fallas normales que principalmente se rellenaron con materiales continentales y transicionales. A consecuencia de un aumento de la subsidencia, a principios del Aptiense sobrevino una etapa transgresiva, que culminó con el desarrollo de las primeras plataformas carbonatadas urgonianas ya a comienzos del Aptiense superior. A finales del Aptiense superior y hasta aproximadamente el Albiense superior, un cambio en el movimiento relativo entre las placas Europea e Ibérica, se manifestó en una compartimentación de la cuenca en altos y surcos. En los primeros y bajo condiciones favorables, persistió la



sedimentación carbonatada somera (bancos urgonianos), mientras que los surcos se fueron rellenando con potentes sucesiones turbidíticas siliciclásticas (Flysch Negro) provenientes de sistemas deltaicos localizados en los bordes de la cuenca (Formación Balmaseda, Formación Zufia y equivalentes). Este dispositivo perduró hasta el Albiense superior, momento en el que asimismo se registró el comienzo del volcanismo submarino en el Sinclinorio de Bizkaia.

En la primera mitad del Cretácico superior (intervalo Cenomaniense-Santonense), los procesos distensivos entre Iberia y Europa alcanzaron su máxima expresión, de forma que en el Golfo de Vizcaya se llegó al estadio de oceanización. A consecuencia de una regularización y homogeneización de la subsidencia (durante ese periodo de tipo térmico), todo el dominio pirenaico se configuró como una gran cuenca marina que desde su extremo oriental se abría y profundizaba hacia el Golfo de Vizcaya. Dentro de la Región Vasco-Cantábrica, que se situaría en la parte más abierta de dicha cuenca, se registró una transgresión generalizada y se configuraron dos dominios de sedimentación principales: i) en la mitad septentrional una zona de cuenca profunda más subsidente, que se fue rellenando con depósitos turbidíticos entre los que se intercalan grandes acumulaciones de lavas basálticas (el "Flysch calcaire" de Mathey, 1986); y ii) en la mitad meridional una zona somera más estable, sobre la que se desarrollaron amplias plataformas carbonatadas de tipo rampa (la Rampa Norcastellana de Floquet, 1991).

A comienzos del Campaniense finalizó la creación de corteza oceánica en el Golfo de Vizcaya y comenzaron a registrarse los primeros movimientos convergentes entre las placas Europea e Ibérica. Hasta aproximadamente el Maastrichtiense inferior, se desarrolló una primera etapa compresiva que en la parte oriental de los Pirineos provocó la emersión de grandes áreas y la creación de las primeras estructuras cabalgantes. Sobre las áreas someras de la región Vasco-Cantábrica se registró una regresión generalizada y la entrada de gran cantidad de depósitos siliciclásticos de carácter fluvio-deltaico, mientras que en la zona de cuenca profunda se depositó una potente sucesión de turbiditas siliciclásticas (el "Flysch greseux" de Mathey, 1986). A continuación de este episodio y a lo largo del Intervalo Maastrichtiense superior-Paleoceno-Eoceno basal, se registró un cese en la actividad compresiva que permitió el desarrollo de una transgresión generalizada durante la cual se reinstauró la sedimentación carbonatada sobre las áreas someras, quedando la zona profunda como una cuenca de tipo "starved" (Baceta, 1996).

A partir de este último intervalo dio comienzo la orogenia pirenaica propiamente dicha, aunque el proceso de convergencia se desarrolló en varias etapas diferenciadas. Durante la primera mitad del Eoceno se emplazaron las principales unidades cabalgantes del orógeno y como rasgo significativo se configuraron la cuenca surpirenaica central y, adyacente a ella, la cuenca "piggy back" de Tremp-Graus. En muchos sectores del dominio (incluida la Región Vasco-Cantábrica), se registró una regresión que estuvo acompañada por una importante entrada de materiales silicicásticos provenientes de las áreas sujetas a emersión y erosión. En algunas posiciones (i.e. W de Navarra), no obstante persistieron las plataformas carbonatadas, aunque con una extensión mucho menor que en la etapa precedente. Los materiales siliciclásticos también alcanzaron las áreas de fondo de la cuenca, donde formaron importantes acumulaciones (Grupo Hecho en la zona Surpirenaica central, Flysch Eoceno en la mitad N de la Región Vasco-Cantábrica). Con posterioridad a dicha etapa compresiva se registró un nuevo pulso transgresivo (la denominada "Transgresión Biarritziense", y tras ella una nueva etapa regresiva motivada por nuevos movimientos convergentes, que culminó con la emersión final de la mayor parte de la Región Vasco-Cantábrica y del resto del dominio pirenaico, dando paso a la sedimentación continental.

El resto de la sucesión mesozoica y del Terciario inferior, se agruparían en tres conjuntos litológicos representativos de otras tantas etapas evolutivas. Los depósitos del Cretácico inferior de la Formación Zufia reconocidos en zonas próximas, definirían en conjunto una etapa de carácter general regresivo, que se desarrolló a consecuencia de un cambio en el movimiento relativo entre las placas europea y ibérica, y que en esta zona coincidió con los primeros impulsos de ascenso del Diapiro de Estella.

Del otro lado, los materiales carbonatados del Coniaciense serían representativos de la etapa de carácter general transgresivo que durante la primera mitad del Cretácico superior dio lugar al desarrollo de extensas plataformas carbonatadas a lo largo de toda la mitad meridional de la Región Vasco-Cantábrica.

Por último, los depósitos eocenos reconocidos en el borde E del Diapiro de Estella, formarían parte del sistema de plataformas carbonatadas desarrolladas durante la denominada "Transgresión Biarritziense". Estos materiales se apoyan mediante discordancia erosiva sobre

los materiales del Cretácico inferior, hecho que evidenciaría, la existencia de levantamientos tectónicos con anterioridad a su depósito. En base a los estudios realizados en cuadrantes adyacentes, dichos movimientos (que también implicarían un ascenso del Diapiro de Estella), se habrían registrados durante las etapas compresivas del Cretácico final y Eoceno inferior-medio).

## **5.2. EVOLUCION DESDE EL EOCENO FINAL AL PLIOCENO**

A partir del Eoceno superior y como consecuencia de las principales etapas compresivas, tanto la Región Vasco-Cantábrica como el resto del dominio pirenaico experimentaron un levantamiento generalizado, durante el que se transformaron en áreas sujetas a emersión y/o erosión. Paralelamente, las áreas adyacentes al cinturón orogénico se transformaron en cuencas de antepaís subsidentes debido al apilamiento tectónico, que se fueron rellenando con depósitos detríticos continentales provenientes desde las áreas adyacentes sujetas a erosión. Este proceso no fue homogéneo, ya que se desarrolló durante un periodo de tiempo amplio (desde el Eoceno superior al Mioceno), en el que se registraron diferentes etapas directamente relacionadas con los cambios en la dirección e intensidad de los esfuerzos compresivos.

Como ya se ha indicado previamente, en todo ese periodo la zona próxima a la ocupada por esta hoja constituyó el borde septentrional de la Depresión del Ebro, cuenca de antepaís que se extendía por todo el borde sur del orógeno pirenaico. Debido a su localización en el borde de la cuenca, en esta zona la sedimentación continental principalmente estuvo representada por sistemas detríticos de aporte lateral, ordenados en una serie de secuencias cíclicas frecuentemente limitadas por discordancia, que evidenciarían etapas evolutivas diferenciadas. Tanto para esta zona como para las áreas adyacentes de la cuenca, en conjunto se han diferenciado para el intervalo que abarca el Oligoceno, Mioceno y Plioceno, un total de 7 secuencias o unidades principales, cuya ordenación estratigráfica para esta hoja ya se ha descrito en el capítulo 1 de la memoria: Añorbe-Puente La Reina, Mués-Tafalla, Mendigorria, Gallipienzo-Leoz, Artajona-Olite, Sierra de Ujué y Oco.

Aunque cada una de dichas secuencias representaría una etapa diferenciada, de forma general, y a gran escala, pueden agruparse en 3 macrosecuencias principales que definirían otros tantos estadios evolutivos, que temporalmente se distribuirían de la siguiente manera: la primera macrosecuencia abarcaría El Oligoceno inferior, y estaría representado por las secuencias Añorbe-Puente La Reina y Mués-Tafalla; la segunda macrosecuencia comprendería el intervalo de depósito de las secuencias de Mendigorria. Gallipienzo-Leoz, Artajona-Olite y Sierra de Ujué (Oligoceno superior-Mioceno superior); por último, la tercera macrosecuencia se desarrollaría durante el depósito la secuencia de Oco, esto es, durante el Mioceno final-Plioceno. A continuación analizamos las pautas evolutivas registradas durante el desarrollo de dichas macrosecuencias.

#### **5.2.1. Macrosecuencia del oligoceno inferior**

Los materiales representativos de esta macrosecuencia están representados por una gran variedad de facies, que van desde detríticas propias de borde de cuenca a lacustres-evaporíticas de centro de cuenca, todas ellas en general caracterizadas por las intensas coloraciones rojizas. Se distribuyen en dos secuencias correspondientes a los ciclos de Añorbe-Puente La Reina y Mués-Tafalla.

Para todo el área ocupada por esta hoja, apenas se dispone de datos de la organización que presentaban los depósitos de la primera de dichas secuencias, siendo solo evidente que en sus últimos estadios debió de coincidir con el desarrollo extensivo de la sedimentación evaporítica. En base a que estos depósitos evaporíticos se han reconocido tanto hacia el E como hacia el W de la zona de estudio, es fácil suponer que ocuparían la mayor parte de este cuadrante, estando limitada al Norte por la zona ocupada por el diapiro de Estella y por el borde de la Región Vasco-Cantábrica, y que para esos momentos se considera levantada a favor de la falla de Piedramillera.

El comienzo del ciclo de Mués-Tafalla coincidió con un aumento importante de los aportes siliciclásticos, representado a lo largo del área por la potente sucesión de las areniscas de Mués. Según Frouté (1988), estos materiales tendrían una procedencia desde el W y SW (desde los bordes occidental y meridional de la Cuenca del Ebro), y formarían sistemas

fluviales de tipo anostomosado y/o meandriforme, depositados dentro de una gran llanura aluvial. El tránsito lateral de estas facies fluviales hacia el diapiro de Estella y hacia el N, por datos observados en la cercana hoja de Arróniz, indicarían que la estructura diapírica y la zona septentrional formarían áreas elevadas con respecto al fondo de la cuenca.

Durante la parte final del ciclo de Mués-Tafalla, se registró un descenso significativo en los aportes fluviales, que favoreció la implantación de un amplio lago salino, en el que se depositaron sucesiones en las que alternan yesos y depósitos lutíticos. Estos últimos depósitos serían mayoritarios en el borde septentrional de la cuenca.

### **5.2.2. Macrosecuencia del oligoceno superior-mioceno superior**

El depósito de esta segunda macrosecuencia se produjo durante las principales etapas de levantamiento del área, abarcando el depósito de las secuencias de Mendigorria, Gallipienzo-Leoz, Artajona-Olite, y probablemente de la Sierra de Ujué.

Por una parte, se considera que toda la zona NW se levantaría y bascularía hacia el S, a la vez que entraría en juego la falla inversa de Learza-Monjardín y las demás estructuras a ella asociadas (i.e. sistema de la Falla de San Jorge). Ello daría lugar a la erosión de una gran parte de la secuencia de Mués-Tafalla y al desarrollo de la Discordancia de Barbarín en el área adyacentes al Diapiro de Estella (vease memoria y hoja de Arróniz). Por otro lado, en este intervalo dicha estructura registraría una aceleración en su ascenso, llegando a aflorar en superficie localmente. El resultado del desmantelamiento de la cúpula diapírica en sus bordes dió lugar al desarrollo de sistemas de abanicos aluviales en dispositivo centrífugo, cuyo desarrollo también estuvo controlado por algunas de las fallas relacionadas con el diapiro (Fallas de Matucaña, Oncineda y Azqueta).

Durante el ciclo de Mendigorria, los abanicos principales se situarían en el borde S del diapiro, desde evolucionarían a facies distales (sucesiones de areniscas y lutitas), y finalmente a un amplio lago salino ubicado al S y SE (Yesos de Los Arcos). El dispositivo durante el depósito de la secuencia de Gallipienzo-Leoz fue similar, si bien cabe indicar que la actividad del pliegue-Falla de Azqueta determinaría que el abanico principal se ubicara al E de dicha

estructura. Por último, durante el ciclo de Artajona-Olite los abanicos principales se ubicarían al SW del diapiro y al E. Entre ellos se definiría una zona elevada condicionada por la actividad de la Falla de Matucaña, que probablemente estaría sujeta a erosión.

### **5.2.3. Macrosecuencia del mioceno final-plioceno**

El depósito de la unidad que define esta macrosecuencia se registró en un contexto totalmente diferente al dominante en los momentos previos. Esta unidad, solo se reconoce en la zona NW de la cercana hoja de Arróniz, donde se dispone rellenando una cubeta sinclinal compartimentada por fallas de régimen normal. Dichas fallas se crearían durante una etapa de relajación posterior a las etapas compresivas principales, y en algunos casos (como en las fallas de Learza-Monjardín y en la de Oco), aprovecharían el trazado de accidentes que previamente se habían comportando como inversos. Durante el depósito del ciclo, hemos diferenciado dos estadios evolutivos.

El primero correspondería al depósito de los materiales terrígenos (conglomerados y areniscas) que forman la parte inferior de la secuencia, los cuales se depositaron mediante sistemas aluviales poco desarrollados, provenientes desde el N, E y S (Fig.4a). Estos materiales groseros pasarían al centro de la cubeta a sucesiones homogéneas de lutitas y arcillas, representativas de un ambiente palustre. De forma coetánea al desarrollo de la cubeta, en los bordes de las fallas que la compartimentan se producirían procesos de "rock-fall", que darían lugar a las acumulaciones de brechas que se reconocen en varios puntos.

El segundo estadio evolutivo dentro de la secuencia de Oco, coincidiría con el desarrollo de un lago en el que de forma extensiva predominaron las facies carbonatadas (Calizas de Oco). De acuerdo a su distribución lateral, estas calizas serían más puras y potentes según nos desplazamos hacia el centro de la cubeta, pasando hacia los bordes a sucesiones dominadas por margas. Para estos momentos se considera que las fallas normales que fragmentaban la cuenca apenas tendrían actividad.

Por último, se producen en el área los procesos de disección y encajamiento de la red fluvial, con depósito de terrazas y sistemas de glaciares.

## 6. GEOLOGIA ECONOMICA

### 6.1. 5.1. RECURSOS MINERALES

En la hoja de Allo no existen explotaciones mineras. Se encuentra inventariada una única cantera, que se reseña a continuación.

#### 6.1.1. Rocas industriales

##### 6.1.1.1. Gravas

Solamente se encuentra reseñada una cantera que benefició gravas asociadas a los depósitos fluviales del río Ega, y cuyos datos de identificación son:

N <sup>o</sup>	Nombre	Número	Coordenadas	
			X	Y
499	LERIN- ALLO	Abandonada	582.000	4708200

## 6.2. HIDROGEOLOGIA

### 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, y 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 Allo se encuentran presentes tres. Son las siguientes:

-Unidad Sur, que ocupa prácticamente toda la mitad Sur de Navarra y, por tanto, la mayor parte del territorio de la hoja.

-Unidad hidrogeológica del aluvial del Ebro y afluentes. Desarrollada a partir de la red fluvial instalada sobre materiales de la unidad anterior.

-Unidad de Lóquiz. Al Norte de la hoja 1:25.000 de Arróniz, comprende solamente la parte más meridional de la unidad.

#### **6.2.2. Unidad hidrogeologica sur**

La mayor parte de la extensión de la hoja 1:50.000 de Allo está ocupada por la denominada unidad hidrogeológica Sur, formada por materiales del Terciario en facies continental de la Depresión del Ebro.

Su litología es compleja, debido a las condiciones en que se han depositado sus materiales, con cambios de facies entre unos y otros, y con una estructura, en general, bastante tranquila. En líneas generales, y atendiendo a criterios litológicos, los materiales se pueden agrupar en los grupos siguientes:

-Formados por facies detríticas de borde e intermedias: conglomerados, areniscas, limos y arcillas.

-Facies evaporíticas, formadas por margas yesíferas, arcillas, yesos e incluso sal.



- Facies carbonatadas, integradas por margas y arcillas calcáreas y calizas.

Desde un punto de vista hidrogeológico, los únicos que presentan cierto interés son los de las facies detríticas y los materiales de alteración. El resto, por su escasa permeabilidad y/o la mala calidad química de sus aguas, pueden prácticamente desestimarse ya que raramente se pueden utilizar para satisfacer demandas. En cualquier caso, la mayor parte de los materiales de esta unidad, incluidos los detríticos, se comportan como prácticamente impermeables o con interés hidrogeológico muy bajo.

En las facies detríticas, los conglomerados y las areniscas son los materiales que constituyen los acuíferos potenciales más notables. Los conglomerados, por lo general muy cementados, pueden alcanzar espesores muy notables, de centenares de metros. Las areniscas, por el contrario, corresponden a depósitos de paleocanal que, aunque pueden, en algunos casos, alcanzar potencias superiores a los 10 m., se encuentran interestratificadas con limolitas y arcillas.

Tanto las facies más gruesas como las arenosas, se encuentran cementadas en profundidad y, por tanto, presentan una porosidad baja, por lo que el agua solamente circula a favor de las escasas fisuras que lo permitan.

Los acuíferos formados presentan una distribución irregular, escasa extensión y permeabilidad baja. Suelen estar desconectados entre sí, o conectados a través de acuitardos.

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 poco importantes y dispersos, y por flujo subterráneo hacia los ríos y arroyos próximos a través de los recubrimientos cuaternarios asociados a los mismos.

Los manantiales existentes tienen caudales irregulares, con medias muy bajas, y muchos se secan en época de estiaje. En general, drenan niveles de conglomerados o areniscas.

Los pozos excavados, con profundidades que raramente superan los 10 m. proporcionan caudales también escasos, con agotamientos rápidos y recuperaciones lentas. Su uso suele ser agrícola.

Las aguas suelen ser de dureza media y mineralización notable. Por su composición iónica son casi siempre bicarbonatadas o bicarbonatadas sulfatadas cálcicas.

### **6.2.3. Unidad del aluvial del Ebro y afluentes**

En la hoja 1:50.000 de Allo queda incluida parte de esta unidad, la relacionada con el río Ega. Este río transcurre, con dirección Oeste-Este, por el borde septentrional de la hoja, en el cuadrante de Arróniz, para cambiar de dirección, adoptando la Norte-Sur, atravesando los cuadrantes de Oteiza y Allo.

Los materiales son gravas, arenas, limos y arcillas, con frecuentes cambios laterales entre ellos. En general, puede considerarse que los materiales más gruesos se localizan en la zona más baja de los depósitos, mientras que en las zonas altas son más frecuentes los de granulometría más fina.

El espesor del aluvial es variable, en la zona Norte, en el entorno de Ancín, puede superar, localmente, los 20 m., mientras que en el resto del área se sitúa en el entorno de los 10 m. como máximo.

Los materiales encajantes, que forman la base de los acuíferos de la unidad, son siempre sedimentos terciarios, en esta zona, las facies detríticas y evaporíticas, principalmente del Oligo-Mioceno.

Los materiales aluviales constituyen acuíferos libres, permeables por porosidad, conectados con el río, o colgados cuando corresponden a terrazas altas. En el primer caso los niveles piezométricos están íntimamente ligados al río correspondiendo, en general, los niveles más altos a invierno-primavera, y los más bajos al final del estiaje.

La transmisividad de los acuíferos de la llanura de inundación, según datos del proyecto hidrogeológico de Navarra, están comprendidos entre 500 y 50 m<sup>2</sup>/día. La porosidad estimada es del 10%.

#### 6.2.4. Unidad de loquiz

En la hoja 1:50.000 de Allo, solamente en la extremidad noroccidental (cuadrante de Arróniz), se ubican términos correspondientes a la unidad hidrogeológica de la Sierra de Lóquiz, que alcanza su mayor desarrollo en zonas situadas más al Norte

#### ACUÍFERO DE ALBORÓN-ANCIN

Está poco desarrollado, ocupando una estrecha franja en la parte más noroccidental de la hoja de Arróniz, estando constituido por calcaneritas.

La recarga se realiza por infiltración de las precipitaciones y la descarga a través del cuaternario del Ega.

En esta zona del acuífero no existen manantiales importantes.

Con el fin de obtener un mayor conocimiento del funcionamiento del acuífero y para determinar los parámetros hidráulicos del mismo se han construido dos sondeos de reconocimiento durante los Estudios de la Unidad de Lóquiz durante los años 1986-1987 y 1996-1997, Medilibarri R1 y R2 cuyas características se reflejan en el cuadro nº 1.

Cuadro nº 1. Sondeos de reconocimiento en el acuífero Alborón-Ancin

SONDEO	ACUÍFERO	TIP O	CO TA	PROFUNDIDAD (cm)	NIVEL (m) Junio 97	ESTADO ACTUAL
	Cuaternario		472	190,95	Surge	Piezóme

MENDILIBARRI . R-1	Gravas. arenas, limos, Pliocene- Mioceno.  Calizas y conglomerados  CRETÁCICO SUP. Calcarenitas	Libre	,70		nte	tro
MENDILIBARRI . R-3	CUATERNARIO  Gravas, arenas, limos OLIGOCENO Calizas y conglomerados  CRETACICO SUP.  calcarenitas	Libre	809	197,5	34,70	Piezómetro

La transmisividad del acuífero en esta zona se ha calculado a partir de las pruebas de permeabilidad realizadas en los dos piezómetros obteniéndose unos valores comprendidos entre 30 y 70 m<sup>2</sup>/día.

Las aguas de este acuífero son de dureza media a duras y mineralización ligera a notable. Son bicarbonatadas cálcicas, con escasas variaciones tanto en la conductividad como en los iones fundamentales.

CUATERNARIO

Está situado en la zona septentrional de la hoja de Arróniz, teniendo su mayor desarrollo entre Ancín y la estación de aforos, del Gobierno de Navarra, de Murieta, estando en conexión en este tramo con el acuífero de Ancín, del que recibe la descarga.

La recarga se realiza por infiltración de las precipitaciones y a partir de los aportes laterales que recibe del acuífero de Ancín.

Como manantiales más importantes que se encuentran situados dentro de la hoja son los de Serafín y del Prado en las proximidades de Ancín con oscilaciones estacionales fuertes que oscilan en conjunto entre los 15 y los 80 l/s.

Estos manantiales forman parte del drenaje del acuífero de Ancín, localmente en conexión con los depósitos cuaternarios. Nacen en el límite de un glacis-terrazza y la terraza inferior del río Ega.

Con el fin de determinar los parámetros hidráulicos del acuífero y conocer el funcionamiento hidrogeológico del mismo se han construido, durante los diferentes estudios realizados por el Gobierno de Navarra en la Unidad de Lóquiz, dos sondeos de preexplotación denominados Ancín P-4 y Mendilibarri P-2, cuyas características se describen en el cuadro nº 2.

Cuadro nº 2. Características de los sondeos de preexplotación del cuaternario del Ega.

SONDEO	ACUÍFERO	TIPO	COTA (m)	PROFUNDIDA D (m)	Perforación		Entubación		Filtros	Observaciones
					TRAM O	0 mm	TRAM O	0 mm		
ACIN P-4	Cuaternario	Libre	471,0 2	43	0-5	750	0-43	450	24	Abastecimiento
	Aluvial				5-27	590				

					27-43	540				
Mendilibarra P-2	Cuaternario	Libre	468,7 2	40	0-7	700	0-5	600		Red piezométrica
	Aluvial				7-21	650	0-40	450	16	
					21- 26,5	600				
					26,5- 40					

La transmisividad del acuífero en el tramo comprendido entre Ancín y Murieta se ha halculado a partir de los ensayos de bombeo realizados en estos dos sondeos habiéndose obtenido una transmisividad comprendida entre 300 y 240 m<sup>2</sup>/día.

Las aguas del cuaternario del Ega son fundamentalmente sulfatadas cálcicas, extremadamente duras y mineralización fuerte.

### 6.3. GEOTECNIA

#### 6.3.1. INTRODUCCIÓN

Para la realización de la cartografía geotécnica de la hoja 172 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 ya estudiadas, Hojas 140 y 173 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 de común aplicación en estudios geotécnicos.

En cualquier caso, esta clasificación y los datos que en ella se contienen debe 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 sobre estos materiales.

### **6.3.2. ZONACION GEOTECNICA**

Los distintos materiales que componen las hojas 172 se han subdividido en áreas y, estas, a su vez en zonas.

La división en áreas resultante es la siguiente:

Área I:           Materiales triásicos.

Área II:           Comprende los materiales cretácicos.

Área III:          Ocupa los materiales terciarios de naturaleza detrítica y margosa

Área IV:          Incluye materiales terciarios yesíferos.

Área V:           Depósitos cuaternarios.

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

Área I:           Zona Ia, Ib:

Área II: Zona IIa, IIb

Área III: Zonas IIIa, IIIb, IIIc, IIId, IIle

Área IV: Zona IVa, IVb

Área V: Zona V

### **6.3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES**

#### **Zona Ia.**

Esta zona corresponde a los depósitos triásicos compuestos exclusivamente por materiales arcillosos con intercalaciones de yesos y sales pertenecientes a la facies Keuper. Unidad 109 de la cartografía geológica.

Sus clasificación geotécnica se puede considerar como de consistencia dura, con valores de compresión simple superiores a 4 kp/cm<sup>2</sup>. Son terrenos de posible agresividad por lo que para su cimentación se aconseja la utilización de hormigones especiales.

También es de destacar la presencia de fenómenos de colapso por disolución de sales. Los taludes naturales son en general estables, mientras que los artificiales pueden deteriorarse con el paso del tiempo.

Incluidos en estos materiales arcillosos de la facies Keuper aparecen manchas de ofitas y dolomías que se incluyen en el grupo siguiente.

#### **Zona Ib**

Aunque de distintas características geotécnicas, en esta zona se incluyen el resto de materiales triásicos de naturaleza no arcillosa. En las hojas de estudio estos materiales



corresponden a afloramientos de rocas subvolcánicas, ofitas y bloques exóticos de dolomías, calizas y rocas metamórficas.

En ambos casos la resistencia es alta, especialmente en las rocas subvolcánicas, y de excavabilidad y ripabilidad difícil. Los materiales ofíticos, debido a sus especiales características se utilizan como material para explanadas de carretera.

### **Zona IIa**

En el área II de materiales mesozoicos, esta primera zona agrupa los materiales carbonatados constituidos por calizas y dolomías del Lías y calcarenitas bioclásticas del Coniaciense (157)

En general, pueden considerarse rocas duras con algunas zonas de tipo medio, donde el índice RQD desciende. Son poco ripables y pueden soportar presiones admisibles elevadas. La estabilidad de los taludes artificiales esta condicionada por el grado de fracturación.

### **Zona IIb**

Corresponde esta unidad geotécnica a los materiales de grano fino, arcillas y limolitas de edad mesozoica de edad Albiense

En general, debido a su grado de compactación son de resistencia media, pudiendo soportar presiones por encima de 5 kp/cm<sup>2</sup>. Su excavabilidad es variable, ya que los niveles arcilloso-margosos pueden ofrecer variaciones entre ripable y no ripable. Los taludes naturales son estables.

### **Zona IIIa**

Esta zona corresponde a todos los depósitos con predominio de facies yesíferas que aparecen en la hoja 172. Corresponden a Yesos de Puente la Reina, Yesos de Desojo o de Tafalla y Yesos de Los Arcos.

Su naturaleza geotécnica es variable. En muchos casos son materiales de baja resistencia que hacen que se comporten como una roca blanda o incluso como un suelo, mientras en otros son formaciones no ripables. Sus características geotécnicas puede ser problemáticas debido a problemas derivados de la disolución de los yesos. Salvo excepciones, dan desmontes subverticales estables.

No existen ensayos en estos materiales.

### **Zona IIIb**

Se incluyen en esta zona los depósitos arcillosos y limolíticos con niveles de yesos. Son en general formaciones ripables, con drenaje superficial deficiente y desmontes inestables debido a la elevada erosionabilidad de los materiales.

Las condiciones geotécnicas varían en función de la mayor o menor presencia de yesos. La presión admisible que pueden soportar estos materiales, según algunos Códigos de Práctica son variables, pudiéndose producir asentamientos de consolidación a largo plazo.

En ensayos sobre materiales similares de la Hoja 173 se han obtenido los siguientes datos geotécnicos:

a) Ensayos de identificación.

	Tz	LL	IP	Casagra.	W	Den. seca	CO3	SO3	M.Org
Margas y areniscas	8 6	3 3	1 7	CL	13. 7	-	36	INAP	INAP
Altern. margas y areniscas (margas)					6.3	2.39	43	1.5	INAP
Altern. margas y areniscas (areniscas)					4.5	2.35	42	INAP	INAP
Margas calcáreas					5.5	2.42	46	INAP	INAP

b) Ensayos de resistencia y deformabilidad.

	Qlab	CBR	RQD	Modulo E	C.Poisson	Ang. Rozamiento	Cohesión	Qu Macizo
Margas y areniscas	2.75	45	78	11855	0.25	28.75	-	2.1
Altern. margas y areniscas (margas)								
Altern. margas y areniscas (areniscas)	156		76	29170	0.2	30	20	37.7

c) Ensayos de compactación e hinchamiento.

	Densidad Proctor	Humedad Proctor	Hinchamiento Lambe
Margas y areniscas alteradas	1.84	14.4	0.55

**Zona IIIc**

Corresponde esta unidad geotécnica a las distintas sucesiones de arcillas, limos y areniscas que afloran en las hojas, en general constituidos por materiales de fina granulometría.

En general son excavables y los taludes artificiales construidos sobre ellos se deterioran progresivamente, debido a la elevada erosionabilidad de los materiales.

En depósitos similares en la Hoja 173, los ensayos realizados en estos materiales ha dado los siguientes resultados:

## a) Ensayos de identificación.

	Tz	LL	IP	Casagra.	W	Den. seca	CO3	SO3	M.Org
Margas alteradas	95	43	26	CL	13.5	1.95	43	INAP	INAP
Margas sanas					6.9	2.25	25.5	INAP	INAP
Margas y arenas arcillosas	79	30	12	CL-ML			42	INAP	INAP
Margas calcáreas					5.5	2.42	46	INAP	INAP

## b) Ensayos de resistencia y deformabilidad.

	Q <sub>lab</sub>	CBR	RQD	Modulo E	C.Poisson	Ang. Rozamiento	Cohesión	Qu Macizo
Margas alteradas	2.4	1.7		200	0.3	0	26	22
Margas sanas	115		55	4000	0.3	11.5	22	15
Margas y arenas arcillosas		5.5		100		26		
Margas calcáreas		3.7	35	5000	0.3	30	6	

## c) Ensayos de compactación e hinchamiento.

	Densidad Proctor	Humedad Proctor
Margas lateradas	1.7	16.5

Margas y arenas arcillosas	1.8	12.5
----------------------------	-----	------

**Zona IIIId**

Se incluyen en la zona IIIId las unidades cartográficas Arenisca de Mues, Areniscas alternantes con lutitas, Areniscas en capas extensas. Están constituidas por alternancias de areniscas limolitas y arcillas.

Son formaciones ripables, con drenaje superficial y profundo deficiente. Los desmontes son inestables con riesgos de desprendimientos, debido a la erosión diferencial de los materiales.

Los ensayos realizados en materiales de las mismas facies en la Hoja 173 (Areniscas de Mues, Leoz y Artajona ) han dado los siguientes resultados.

## a) Ensayos de identificación.

	Tz	LL	IP	Casagra.	W	Den. seca	CO3	SO3	M.Org
Limos y margas limosas	82	33	17	CL	16	2	38	2	INAP
Areniscas y margas duras.(fr .fina)	90	32	16	CL	6.6	2.39	39.5	INAP	INAP
Areniscas y margas duras (fr. gruesa)					4.5	2.4	50	INAP	INAP

## b) Ensayos de resistencia y deformabilidad.

	Q <sub>lab</sub>	CBR	RQD	Modulo E	C.Poisson	Ang. Rozamiento	Cohesión	Qu Macizo
Limos y margas limosas	2.69	3		162.5	0.3	25	0.8	2
Areniscas y margas duras.(fr .fina)	101							
Areniscas y margas duras (fr. gruesa)	367		69	13900	0.3	30	0.1	30.56

## c) Ensayos de compactación e hinchamiento.

	Densidad Proctor	Humedad Proctor	Hinchamiento Lamb
Limos y margas limosas	1.85	13.2	0.69

**Zona IIIe**

Agrupar esta zona a todos los depósitos conglomeráticos, constituidos por conglomerados con cantos redondeados de calizas y areniscas principalmente. Normalmente forman la base de los distintos ciclos sedimentarios, Conglomerados de Muniaín (321), Conglomerados de la

Unidad Gallipienzo-Leoz (364), Conglomerados de Montejurra (368), y Conglomerados de base de la Unidad de Oco (410). También se incluyen en esta zona las brechas y conglomerados de la Unidad 403 (Sierra de Ujué) y los conglomerados, arenas y fangos rojizos de la Unidad 413.

Su característica principal es su elevada cimentación lo que hace que se comporten como una roca, alcanzando presiones admisibles superiores a 10 kp/cm<sup>2</sup>, no siendo ripables en ningún caso. Sus taludes naturales son estables.

No se dispone de datos de ensayos en estos materiales.

#### **Zona IVa**

Corresponde a dolomías, calizas dolomíticas y calcarenitas dolomitizadas de la base de los depósitos terciarios.

Son rocas moderadamente duras, menos que sus equivalentes mesozoicos, con resistencia a la compresión simple entre 500 y 1000 kp/cm<sup>2</sup>. Soportan presiones admisibles del orden de 10 Kp/cm<sup>2</sup> y, 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.

#### **Zona IVb**

Esta zona incluye el resto de materiales calcáreos, tanto calizas tableadas y calizas con un contenido de detríticos variable. Son las Calizas lacustres de la Facies Espronceda, Calizas y margas de la U. de Gallipienzo – Leoz y Calizas de Oco.

El comportamiento geotécnico de estos depósitos viene marcado e influenciado por la presencia de los niveles menos resistentes entre los niveles duros. Son rocas que pueden soportar presiones entre 5 y 10 kp/cm<sup>2</sup>, poco ripables en sus niveles duros y ripables con pala mecánica en los niveles blandos. En cuanto a la estabilidad de taludes, son los típicos



materiales en los que se producen caídas de bloque por la diferente competencia entre los niveles.

### **Zona V**

Incluye todos los depósitos cuaternarios, formados en gran parte por sedimentos detríticos de ladera, aluviales y coluviales y depósitos fluviales.

Sus características de cimentación son muy variables como es lógico , pudiendo diseñarse cargas admisibles entre 1 y 5 kp/cm<sup>2</sup>. Es importante en los materiales aluviales tener en cuenta la posición del nivel freático.

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. BIBLIOGRAFIA

AMIOT, M. (1982): "El Cretácico superior de la Región Navarro-Cántabra". En "El Cretácico de España". Univ. Compl. Madrid, p. 88-111.

BACETA, J.I. (1996): "El Maastrichtiense superior, Paleoceno e Ilerdiense basal del País Vasco y Oeste de Navarra: secuencias deposicionales y facies". Tesis doctoral Univ. País Vasco UPV-EHU. 404 p (Inédita).

BOMER, B. (1978): "Le Bassin de L'Ebre et des bordures montagneuses. Etude Géomorphologique". Tesis doctoral Univ. (Inédito).

CASTIELLA, J.J. y DEL VALLE, J. (1978). "Mapa Geológico de Navarra. A escala 1:200.000". Serv. Geol. Dir. de Obras Públ. Diput. F. de Navarra.

FLOQUET, M. (1991): "La plate-forme Nord-Castellane au Crétacé supérieur (Espagne). Arrière-pays ibérique de la marge passive basco-cantabrique, sédimentation et vie". Tesis doctoral, Mem. Géol. Univ. Dijon. Vol. 14 (dos tomos), 925 p.

FROUTE (1988): "Le rôle de l'accident d'Estella dans l'histoire géologique Crétacé supérieur à Miocène des Bassins Navarro-Alavais (Espagne du Nord)". Tesis doctoral Univ. de Pau, 231 p.

GARCIA MONDÉJAR, J. (1982). "Aptiense y Albiense, Región Vasco-Cantábrica y Pirineo navarro". En: El Cretácico de España, 63-84. Universidad Complutense. Madrid.

GARCIA MONDÉJAR, J. (1989): "Strike-slip subsidence of the Basque-cantabrian Basin of northern Spain and its relationship to Aptian-Albian opening of the Bay of Biscay". En: Tankard, A. J. y Balkwill, H. R. (eds.), Extensional tectonics and stratigraphy of the North Atlantic margins. AAPG memoir nº 46, p. 395-409.

GARCIA MONDÉJAR, J.; PUJALTE, V. y ROBLES, S. (1986). "Características sedimentológicas, secuenciales y tectoestratigráficas del Triásico de Cantabria". Cuadernos de Geología Ibérica, vol. 10, p. 151-172.

GONZALO, S. (1981). "Análisis de Geomorfología Estructural". Biblioteca de Cuadernos Riojanos, nº 37, 2 v. 508 p..

HERNANDEZ, A., RAMIREZ DEL POZO, J., CARBAYO, A, CASTIELLA, J. y SOLE-SEDO, J. (1984). "Mapa geológico de España a escala 1:50.000: Hoja de Allo (172).

HOTTINGER, L. (1961): Recherche sur les alveolines du Paéocène et de l'Eocene". Mém. Suisses Paéont., 75-76, p 1-243.

IGME (1978). "Mapa geológico de España a escala 1:50000, hoja 139, Eulate".

IGME (1987). "Mapa geológico de España a escala 1:50000, hoja 140, Estella".

LERANOZ, B. (1990). "Geomorfología del curso bajo del río Ega (Navarra). Actas I Reunión Nacional de Geomorfología. Teruel

MATHEY, B. (1986): "Les flysch Crétacé supérieur des Pyrénées basques. Age, anatomie, origine du matériel, milieu de dépôt et relation avec l'ouverture du Golfe de Gascogne". Tesis doctoral, Mem. Géol. Univ. du Dijon, vol. 12, 399 p.

MELLENDEZ-HEVIA, F. (1976). "El interes petrolífero del Jurásico marino de la parte SW de la Cuenca Cantábrica". II Jornadas Nacionales del Petroleo y Gas Natural, Ponencia 1: Exploración y Producción.

MENSUA, S. Y BIELZA, V. (1974). "Contribución al estudio geomorfológico del valle inferior del Ega (Navarra)" Estudios Geográficos.

MITCHUM, R.M. Jr. (1977). "Glossary of terms used in seismic stratigraphy". En C.E. Payton (ed.) Seismic Estratigraphy: Applications to Hydrocarbon Exploration. AAPG Mem. 26, p. 205-212.

MONTADERT, L.; WINNONCK, E.; DELTIEL, J.R. y GRAN, G. (1974). "Continental margins of Galicia-Portugal and Bay of Biscay". En: Burk y Drake (eds.), Geology of continental margins. Springer-Verlag, Berlin, p. 323-342.

PAYROS, A. (1997): "El Eoceno de la Cuenca de Pamplona: Estratigrafia secuencial y evolución paleogeográfica". Tesis doctoral Univ. Pais Vasco. 300 p (Inédita).

PAYROS, A., PUJALTE, V.; BACETA, J.I.; ORUE-ETXEBARRIA, X. Y SERRA-KIEL, J. (1996): "Las calizas eocenas del Oeste de Navarra: revisión, redefinición y nueva interpretación de sus unidades estratigráficas". En: Libro Homenaje a Máximo Ruiz de Gaona, Príncipe de Viana (Suplemento de Ciencias), año XVI, nº 14/15, p. 137-153.

PFLUG, R. (1967). "El Diapiro de Estella". Munibe (Sociedad de Ciencias Aranzadi), 2-4, p. 171-202.

PUIGDEFABREGAS, C. (1972). Memoria geológica de la hoja núm. 173 (Tafalla)". Informe inédito. Excma. Diput. F. de Navarra.

- PUJALTE, V. (1977). " El complejo Purbeck-Weald de Santander: estratigrafía y sedimentación". Tesis Univ. de Bilbao, 202 pp, inédito.
- PUJALTE, V. (1981). "Sedimentary successsion and paleoenvironments within a fault-controlled basin: the wealden of the Santander area, Northern Spain". *Sedimentary Geology* vol. 28, p. 293-325.
- RAT, P. (1988). "The Basque-Cantabrian Basin between the Iberian and European plates: Some facts but still many problems". *Rev. Soc. Geol. de España*, 1 (3-4), p. 327-348.
- RAT, P.; AMIOT, M.; FEUILLÉE, P.; FLOQUET, M., MATHEY, B.; PASCAL, A. y SALOMON, J. (1983). "Vue sur le Crétacé Basco-Cantabrique et Nord-Ibérique. Une marge et son arrière-pays, ses environnements sédimentaires". *Mem. Geol. Univ. de Dijon*, vol. 9, 191 pp.
- RIBA, O. (1955). "Sur le ttype de la sédimentation du Tertiare continental de la partie Ouest du Bassin del'Ebre". IV Int. Sedimentol. Congr., Braunschweig-Geologische Rundschau, 43/2, p. 363-371.
- RIBA, O. (1956). "Resumen sobre el Terciario continental de la Región de Estella". Inf. CIEPSA (Inédito).
- RIBA, O. (1964). "Estructura sedimentaria del Terciario continetal de la Depresión del Ebro en su parte riojana y Navarra". En "Aportación Esp. al XX Congr. Geogr. Int." (1964), p. 127-138. Inst. Geogr. "J. S. Elcano" e Inst. Est. Pir.
- RIBA, O. (1992). "Las secuencias oblicuas en el borde Norte de la Depresión del Ebro en Navarra y la Discordancia de Barbarín". Libro homenaje a Oriol Riba Ardireu. *Acta Geológica Hispánica*, 27, p. 55-68.
- RIBA, O. y PEREZ MATEOS, J. (1962). "Sobre la inversión de aportes sedimentarios en el borde norte de la cuenca terciaria del Ebro (Navarra)". Ila. Reun. de Sedimentol. (Sevilla, 1961). Vol. Comun. p. 201-221.
- RIBA, O., REGUANT, S. y VILLENA, J. (1983, 1987). "Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca terciaria del Ebro". En: Libro Jubilar J.M. Rios. *Geología de España*. Vol. 2, p. 131-159.
- RIBA, O. y JURADO, M.J. (1992). "Reflexiones sobre la geología de la parte occidental de la Depresión del Ebro". Libro homenaje a Oriol Riba Ardireu. *Acta Geológica Hispánica*, 27, p. 177-193.
- RUIZ DE GAONA, M. (1952). "Notas y datos para la geología de Navarra". Primer congreso internacional del Pirineo, Instituto de estudios pirenaicos, Zaragoza.

SOLE-SEDO, J. (1972). "Formación de Mués: Litofacies y procesos sedimentarios". Tesis de Licenciatura de la Fac. de Geología Univ. de Barcelona. 61 p., 1 mapa (Inédita).

TOSQUELLA, J. y SERRA-KIEL, J. (1996): "Las biozonas de nummulítidos del Eoceno Pirenaico". En: Libro Homenaje a Máximo Ruiz de Gaona, Príncipe de Viana (suplemento de ciencias), 14-15, p 155-193.

WIEDMANN, J. (1979): "Itineraire geologique a travers le Crétacé Moyen des chaines Vascogotiques et Celtiberiques (Espagne du nord)". En "Mid Cretaceous events, Iberian Field Conference, Cuadernos de Geología Ibérica, 5, p. 127-214.