

HOJA 141 - 1 (CIZUR)

La presente Hoja y Memoria ha sido realizada por "Informes y Proyectos S.A. (INYPESA)", durante el año 1993, con normas, dirección y supervisión del Gobierno de Navarra habiendo intervenido los siguientes técnicos:

Dirección y Supervisión (GOBIERNO DE NAVARRA)

- Faci Paricio E. Dirección del Proyecto
- Castiella Nuruzabal J. Dirección del Proyecto
- Galán Pérez, G. Dirección del Proyecto

Autores y Colaboradores

- García de Domingo, A. (INYPESA) Cartografía, memoria y teledetección
- Solé Pont, J. (INYPESA) Sedimentología
- Cabra Gil, P. (INYPESA) Geomorfología y Cuaternario
- Blas Balaguera, I. (INYPESA) Informática geológica
- Alameda Revalderia, J. (INYPESA) Geotecnia
- Martínez Arias, A. (INYPESA) Hidrogeología
- Del Valle de Lertxundi, J. Cartografía y memoria
- Ramirez del Pozo, J. Micropaleontología y Petrología

INDICE

- 0.- INTRODUCCION
- 1.- ESTRATIGRAFIA
 - 1.1.- Triásico
 - 1.2.- Cretácico
 - 1.2.1.- Cretácico superior
 - 1.3.- Terciario Marino
 - 1.3.1.- Paleoceno
 - 1.3.2.- Eoceno
 - 1.3.2.1.- Ilerdiense-Luteciense inferior
 - 1.3.2.2.- Luteciense
 - 1.3.2.3.- Bartoniense-Priaboniense inferior
 - 1.3.2.4.- Priaboniense inferior
 - 1.3.2.5.- Priaboniense superior
 - 1.3.3.- Análisis secuencial del paleógeno marino
 - 1.4.- Terciario continental
 - 1.4.1.- Oligoceno
 - 1.4.1.1.- Sueviense
 - 1.4.2.- Oligoceno terminal-Mioceno inferior
 - 1.4.2.1.- Arveniense-Ageniense
 - 1.4.3.- Mioceno inferior
 - 1.4.3.1.- Ageniense-Aragoniense
 - 1.5.- Cuaternario
 - 1.5.1.- Terrazas
 - 1.5.2.- Fondos de valle
 - 1.5.3.- Llanura de inundación
 - 1.5.4.- Conos de deyección
 - 1.5.5.- Coluviones

- 1.5.6.- Piedemonte
- 1.5.7.- Glacis
- 1.5.8.- Arcillaas de descalcificación

2.- TECTONICA

- 2.1.- La Cuenca de Pamplona
- 2.2.- Descripción de las principales estructuras

- 2.2.1.- Pliegues
- 2.2.2.- Fracturas
- 2.2.3.- Discordancias
- 2.2.4.- Diapirismo

- 2.3.- Teledetección

3.- GEOMORFOLOGIA

- 3.1.- Descripción fisiográfica
- 3.2.- Análisis morfológico
 - 3.2.1.- Estudio morfoestructural
 - 3.2.2.- Estudio del modelado
 - 3.2.2.1.- Formas fluviales
 - 3.2.2.2.- Formas de ladera
 - 3.2.2.3.- Formas kársticas
 - 3.2.2.4.- Formas poligénicas
 - 3.2.2.5.- Formas antrópicas
- 3.3.- Formaciones superficiales
- 3.4.- Evolución geomorfológica
- 3.5.- Dinámica actual y subactual. Tendencias futuras

4.- HISTORIA GEOLOGICA

5.- GEOLOGICA ECONOMICA

- 5.1.- Recursos minerales
- 5.2.- Hidrogeología
- 5.3.- Geotecnia

6.- BIBLIOGRAFIA

0.- INTRODUCCION

La Hoja 1:25.000 de Cizur (141-I) se encuentra incluida en la denominada geológicamente como Cuenca de Pamplona, cuyos límites están definidos al oeste por la falla de Estella, con cambios tanto en el estio tectónico como en los depósitos. Esta estructura se trata en realidad de dos fallas de desgarre diferentes, una que afecta únicamente a la cobertera y otra profunda, que afecta al zócalo y que es la que desplaza la falla norpirenaica al "Manto de los Marmoles" o falla de Leiza. En realidad este accidente no es neto, sino que se trata de una amplia banda de cizallamiento orientada de NNE a SSO que afecta a la cobertera desde la Sierra de Andia hasta la zona oriental de la Sierra del Perdón. Al este, está limitada por las estructuras pirenaicas del entorno del Macizo de Oroz-Betelu con gran desarrollo de sedimentos turbidíticos que se sumergen bajo los sedimentos margosos típicos de esta cuenca. Al sur, está limitado por el cabalgamiento de la Sierra de Alaiz que la separa de la Cuenca del Ebro y al norte, por estructuras de dirección E-O, originadas posiblemente por el cabalgamiento de Roncesvalles.

El relieve en general es suave, constituido por lo valles de los ríos Arga y Araquil con cotas altimétricas medias comprendidas entre 450 y 500 m. Las elevaciones más importantes están situadas en Sierra Sarvil con cotas máximas de 1136 m en la ermita de Santa Cruz, próximo al acantilado de Ecauri, que constituye un paraje geológico y turístico espectacular. Al sur, las estribaciones de la Sierra del Perdón, monte Ipasate (788 m), constituye el límite meridional geográfico de la Cuenca de Pamplona.

Geológicamente y a grandes rasgos, como se puede apreciar en la figura adjunta (Fig. 1), la zona estudiada se encuentra situada en el sector occidental del Pirineo Central. La cordillera Pirenaica, consiste en un cinturón de pliegues y cabalgamientos de orientación aproximada este-oeste, desarrollados entre el Cretácico superior y el Mioceno inferior, como resultado de la convergencia entre las placas ibérica y europea. Las rocas involucradas en la deformación alpina, incluyen un basamento paleozoico (deformado previamente durante la Orogenia Hercínica), una serie mesozoica preorogénica, depositada principalmente en un contexto extensional y un conjunto de sedimentos sinorogénicos del Cretácico terminal y Terciario, integrados en las láminas cabalgantes y en las cuencas del antepais que bordean la cordillera por el norte y por el sur.

En este contexto, los materiales aflorantes o subaflorantes en esta región, comienzan con depósitos arcilloso salinos del Triásico superior en facies Keuper. El Jurásico, no aflorante, estudiado en los diversos sondeos profundos realizados en esta zona, presenta una cierta uniformidad, diferenciándose a grandes rasgos seis unidades. Comienzan con arcillas anhidríticas grises y rojas que pasan hacia techo a dolomias cavernosas carniolares, brechas dolomíticas y niveles de anhidritas, con una potencia máxima de 260 m en el sondeo de Astrain. La siguiente unidad está constituida por calizas y calizas dolomíticas con laminaciones y margas arcillosas, con potencias máximas entre 40-50 m. A techo se observa un conjunto fundamentalmente margoso con intercalaciones calcareas y potencias próximas a los 50 m. La siguiente unidad está formada por caliza arcillosa con filamentos que en el sondeo de Astrain

alcanza 50 m de espesor, culminando el jurásico con calizas oscuras algo arenosas y calizas beige con una potencia de 180 m.

Los materiales de transición al cretácico parecen faltar o estar mal presentados en esta región. La base del cretácico se ha cortado en los sondeos de Pamplona, 1, 2, 3, sur y Astrain, estando formado por limolitas negras micáceas alternando con areniscas de grano fino, que contienen piritas. Hay niveles con mayor contenido arcilloso o de predominio arenoso. En Astrain este conjunto presenta una potencia de 1212 m.

El paso al Cretácico Superior, se inicia con margas arcillosas pasando hacia techo o carbonatos.

En el sondeo de Astrain se observa una evolución hacia facies más profundas. En la Sierra de Alaiz, el paquete de calizas santonienses es arenoso a microconglomerático. Durante el Campaniense, la sedimentación se hace homogénea en la Cuenca sin grandes variaciones de potencia. En el sondeo de Astrain se observan margas en el Campaniense que evolucionan hacia techo a areniscas en el Maastrichtiense.

El Paleoceno está representado en Astrain por calizas dolomíticas con 100 m de espesor, existiendo un hiato en el sector de Iza que afecta a este periodo. El Eoceno inferior y medio está representado por un paquete de calizas masivas.

En la base del Bartonense existe una fase erosiva que desmantela parte de los niveles calcáreos anteriores y sobre el que se desarrollan las Margas de Pamplona. El techo de esta formación margosa, culmina con los materiales calco-margosos detríticos de Cizur y sobre estos y mediante un límite erosivo se desarrollan las denominadas Margas de Ilundain que comienzan con los niveles detríticos calcáreos turbidíticos de Tajonar, continuando con margas con intercalaciones turbidíticas.

Los últimos metros de las Margas de Ilundain tienen carácter euxínico y sobre estas se desarrolla la sucesión evaporítica que constituye el yacimiento potásico del Perdón. Por encima de las evaporitas se encuentran unos 50 m de margas versicolores (Margas Fajeadas) continuando por un paquete detrítico compuesto por areniscas con ripples (Areniscas de Galar) que representan el Eoceno terminal.

Continúa la sedimentación con una potente serie evaporítica continental con lutitas, anhidrita y niveles de halita (Yesos de Undiano) que se encuentran decapitados por los niveles de Conglomerados Inferiores del Perdón, discurrentes sobre estos el ciclo de los Conglomerados Superiores del Perdón.

La estructura de la Cuenca de Pamplona es totalmente diferente a ambos lados del eje Noain-Zuasti. Al este, se encuentran los anticlinales de Zabalegui e Ilundain con dirección E-O en su parte oriental, girando hacia el NO en su parte occidental.

La Sierra de Alaiz, que limita la Cuenca por el SE, tiene, en su parte oriental una dirección E-O mientras que, a partir de Ezperun, gira al SO.

En el area occidental de la Cuenca, la estructura de mayor importancia es la de la Sierra del Perdon. Esta estructura consiste en un sinforme de dirección ENE-OSO, flanqueado por las fallas de Esparza y Beriain norte.

El borde occidental de la Cuenca está limitado por los diapiros de Salinas de Oro y Arteta, que han originado una serie de fallas concéntricas y radiales. Estas últimas penetran en la Cuenca siendo, la más importante es la de Echauri.

La cartografía de estas hojas está basada en la realizada por J. DEL VALLE para la DIPUTACION DE NAVARRA actualizada y puesta al día en base a criterios sedimentarios y tectónicos.

Los datos disponibles sobre esta zona corresponden, por una parte a los trabajos regionales de PUIGDEFABREFAS (1975), LEON I (1985), DEL VALLE J. (1978-1992), I FROUTE (1988) así como los trabajos específicos relacionados con la explotación potásica del Perdón elaborado por ROSELL I. (1983), ADARO (1989), DEL VALLE. J., y en datos proporcionados por la propia explotación (POSUSA)

1.- **ESTRATIGRAFIA**

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

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

1.1. TRIASICO

1.1.1. **Arcillas, yesos y sales (nivel 1). Facies Keuper**

En esta Hoja existen dos pequeños afloramientos de estos materiales. En el sector occidental de la misma en la carretera de Muniain, con mala calidad de afloramiento, ya que se encuentran labrados y en el sector septentrional en el valle próximo a la localidad de Iza.

El afloramiento de Muniain forma parte del diapiro de Salinas de Oro situado sobre la falla de Estella. Este diapiro es una clásica chimenea salina, con sección circular y actividad desde el Campaniense.

Respecto al afloramiento, al sur de Iza, forma parte del diapiro del mismo nombre, con escasa visibilidad ya que se encuentra cubierto por materiales cuaternarios de tipo endorreico. Este diapiro asociado al accidente de Iza de dirección NO-SE, presenta actividad desde el Cretácico inferior y ha sido definido como un "diapiro laminar".

Litológicamente está formado por arcillas versicolores con intercalaciones de yesos, englobando en profundidad importantes masas de sal.

En estos diairos se encuentran englobados bloques de calizas y dolomías de distinta procedencia, así como de rocas ofíticas.

Al pertenecer a unidades intrusivas tectónicamente, sus contactos con las unidades colindantes se encuentran mecanizados.

Sedimentológicamente, se puede indicar que su deposición tuvo lugar en zonas litorales de tipo Sebkha, en condiciones de aridez que permitieran la formación de evaporitas.

1.2. CRETACICO

1.2.1. Cretácico superior

1.2.1.1. Areniscas, calizas arenosas y margas (nivel 6). Campaniense-Maastrichtiense.

Sólo existe un afloramiento de escasa entidad y mala calidad situado al este de la localidad de Izurzu, en el límite occidental de esta Hoja.

Litológicamente está formado por una alternancia de areniscas, calizas y dolomías arenosas y margas, de tonos rojizos, con cuarzos bipiramidales de procedencia triásica.

Los límites inferior y superior son imprecisos ya que el afloramiento se encuentra labrado, no obstante se ha realizado un esquema en la figura adjunta (Fig. 2) en el que se aprecian sus relaciones con otras unidades y sus secuencias más importantes.

Los estudios micropaleontológicos han determinado la siguiente microfauna. Orbitoides Tissoti , SCHLMB, Goupillandina, Siderolite vidali, SCHLUMB que asigna una edad comprendida entre el Campaniense y el Maastrichtiense.

Sedimentariamente este conjunto se enmarca en un contexto de llanura deltaica en medios fluviomareales variando a depósitos de plataforma abierta de baja energía

1.3. TERCIARIO MARINO

El Terciario marino se divide a grandes rasgos en una parte inferior carbonatada que aflora en las sierras de Echauri y de Alaiz, comprendiendo términos del Paleoceno y Luteciense, y una parte superior esencialmente margosa que ocupa la mayor parte de la superficie cartografiada y corresponde al resto del Eoceno. Entre los dos grandes grupos se desarrolla un complejo de tránsito de edad Luteciense superior-Bartoniense inferior que presenta una notable diversidad litológica. La serie eocena termina con depósitos evaporíticos y lagunares que marcan el tránsito al Oligoceno, de carácter netamente continental (Fig. 3).

A continuación se describen las principales características de las unidades cartográficas diferenciadas agrupándolas por grandes conjuntos estratigráficos con significado secuencial.

1.3.1. Paleoceno

1.3.1.1. Calizas dolomíticas (nivel 7). Paleoceno

Se sitúan sobre el tramo blando descrito anteriormente, con un contacto de difícil observación debido a la naturaleza detrítica de los tramos inferiores.

Litológicamente está formado por calizas dolomíticas y dolomías blancas y grises, socaroideas, muy recristalizadas con sombras de microfósiles.

Los procesos de dolomitización que han dado lugar a este tipo de material están relacionados posiblemente con soluciones salinas de procedencia triásica.

La potencia de este conjunto es de unos 75 m. y sedimentológicamente el material original parece corresponder a un medio de transición marino-continental con sedimentación en régimen supramareal que pasa hacia techo a un ambiente marino litoral, probablemente en un contexto intermareal-submareal con inclusiones de restos de algas y foraminíferos

1.3.2. Eoceno

1.3.2.1. Ilerdiense-Luteciense inferior

1.3.2.1.1. Calizas masivas (nivel 8). Ilerdiense-Luteciense inferior

Esta unidad representa el comienzo del ciclo, que culmina con el nivel calcáreo que se describe a continuación.

Los mejores afloramientos de este material se sitúan en la carretera de Echauri a Salinas de Oro, entre los P.K. 20 y 21.

Litológicamente se trata de calizas (packstones-grainstone) marrones, distribuidas en bancos tabulares, nodulosas y lajosas que asignan a este conjunto calcáreo un aspecto de rotura y falta de homogeneidad.

Intercalados entre estos niveles calcáreos se observan niveles centimétricos de margas rojas y numerosos interrupciones sedimentarias. El límite con las dolomías inferiores es muy neto mientras que su paso a las calizas superiores es gradual, presentando una potencia de unos 70 m. En detalle presentan gran cantidad de estructuras tractivas con laminación cruzada y ripples de corriente que confieren el aspecto lajoso a esta unidad.

Sedimentariamente se trata de depósitos originados en un contexto de plataforma carbonatada energética, en régimen submareal a "offshore", con fuerte influencia de las tormentas.

Los análisis petrológicos de estas calizas han determinado que contienen aproximadamente un 99% de CO_3Ca , con un tamaño de aloquímico que varía entre 1 y 2 mm, con

una composición de aloquímicos constituidos por un 65% de fósiles y un 5% de intraclastos. El ortoquímico está compuesto por esparita en un 30 %.

Los estudios micropaleontológicos han determinado entre otros los siguientes microfósiles . Numulites cf uranensis, HARPE, Dyscocylina archiaci, (SCHLUMB), Asterodiscus cf stellaris (BRUNNER), Assilina cf exponens SOWERBY, Alveolina stipes HOTT, Europerta magna (LE CALVEZ), Globorotalia cf aragonensis (NUTT), que datan a esta unidad como llerdiense-Luteciense inferior, sin encontrar dataciones del Cuisiense, que posiblemente no se encuentra en esta región.

1.3.2.1.2. Calizas tableadas (nivel 9). llerdiense-Luteciense inferior

Estos niveles carbonatados constituyen los tramos superiores del ciclo llerdiense-Luteciense inferior.

El contacto con la unidad inferior es gradual, mientras que el límite superior, se realiza mediante una costra ferruginosa, sólo visible al pie de la ermita de Santa Cruz en la Sierra Servil.

Se trata de una unidad muy homogénea, de calizas marrones claras (packstones) nodulosas y tableadas, distribuidas en bancos de 0,5 m a 2 m de espesor. Hacia el sur se hacen packstone-grainstones con laminación cruzada en bancos masivos de potencia métrica a decamétrica.

Los mejores afloramientos se sitúan en la carretera a Salinas de Oro, constituyendo los tramos basales del acantilado de Echauri.

Los análisis petrológicos han determinado una concentración del 99 % de CO_3Ca , con un 25 % de intraclastos y un 35 % de fósiles entre los componentes aloquímicos y un 40 % entre los componentes ortoquímicos.

Presentan un coeficiente de desgaste "Los Angeles" que oscila entre el 21 % y el 23 % y una composición química de CaO entre el 55 y el 55,2 %, CO_2 entre 42,6 y 42,9 %, SO_2 entre 0,25 y 0,4 %, Fe_2O_3 , entre 0,27 y 0,8 %, Al_2O_3 entre 0,08 y 0,3 % y MgO entre 0 y 0,36 %.

La potencia de esta unidad es de unos 130 m y sedimentariamente se trata de un complejo de "shoals" en plataforma somera. La edad de este nivel es similar a la determinada anteriormente, comprendida entre el llerdiense y el Luteciense inferior, sin encontrar dataciones de Cuisiense.

1.3.2.2. Luteciense

Este ciclo sedimentario alcanza un gran desarrollo en el sector noroccidental de la Hoja, constituyendo el acantilado de Echaury. No observándose en el sector meridional de esta Hoja, ya que se encuentra erosionado total o parcialmente.

1.3.2.2.1. Calcarenitas arenosas (nivel 10). Luteciense

Este nivel, que constituye la base del ciclo, aflora con pésima calidad, debajo de la Peña de Echaury.

Está constituido por calizas arenosas con cantos rodados de cuarzo. Su potencia es muy pequeña, acuniándose hacia el sur-oeste, en donde sólo queda representado por un nivel ferruginoso de gran entidad, equivalente con el límite inferior de la secuencia.

Sedimentariamente este nivel se asocia a un medio litoral energético muy somero.

1.3.2.2.2. Calizas con estratificación cruzada (nivel 12). Luteciense-Bartoniense inferior

Está formado por dos bancos calcáreos de unos 100 m. de potencia. Son calizas grises (grainstone) con laminación cruzada, muy homogéneas, dispuestas en bancos de potencia decamétrica. El límite inferior está definido por una interrupción o por los niveles detríticos descritos anteriormente mientras que el límite superior es neto, en el que se desarrolla una superficie ferruginosa, formando parte del final de la secuencia Luteciense.

El afloramiento de esta unidad da lugar a la formación del acantilado de Echaury, no aflorando en el resto de la Hoja, ya que posiblemente se encuentre erosionado por el ciclo superior.

Estos niveles presentan frecuentemente estratificación cruzada de bajo ángulo, observándose en la parte oriental del afloramiento, una relación de "down-lap" hacia cuenca de toda la unidad.

Sedimentariamente estos niveles se enmarcan en un contexto de "shoals" energéticos.

Los estudios petrológicos han determinado que estos materiales están formados en un 99% de CO_3Ca , con un tamaño que oscila entre 1 y 2 mm y un porcentaje de aloquímicos de 50% de fósiles, 5 % de cuarzo en terrigenos.

Los estudios de microfauna han determinado entre otros: Nunmulites cf aturicus YOLY Y LEYMERIE, Fabiania cassis (OPENH), Eurupertia magna (LE CALVEZ), Discocyclus nummuliteca (GUMB), Lithoporella melobesioïdes (FOSLIE) que asigna una edad Luteciense superior-Bartoniense inferior.

1.3.2.2.3. Margas y margocalizas (nivel 11). Luteciense-Bartoniense inferior.

Se trata de un nivel de unos 20 m de espesor que se acuña lateralmente hasta desaparecer, intercalado entre los niveles calcáreos descritos anteriormente.

Sólo se ha observado un afloramiento de pésima calidad, pero con entidad suficiente para ser cartografiado, situado en el lugar denominado el Rancho, en el llano superior que constituye la Sierra Sarvil.

Este tramo está formado por margas grises nodulosas con intercalaciones de niveles de margocalizas (grainstones) de unos 3 cm. de espesor.

El complejo de barras calcáreas definidas anteriormente, funcionan como barreras hidrodinámicas y permiten el desarrollo en el "back-barrier" de sedimentos, con estas características de facies protegidas, margosas y de baja energía.

Micropaleontológicamente, las muestras han determinado: Textularia speyeri REUSS, Tritaxilina pupa (GUMB), Eponides caralinensis navarraensis COLON, Cornuspira oligogyra (HANTK), que asignan a esta unidad una edad de Bartoniense inferior.

1.3.2.3. Bartoniense-Priaboniense inferior

Este ciclo sedimentario es el que alcanza un mayor desarrollo dentro de los límites de esta Hoja, con gran cantidad de niveles cartográficos que constituyen las distintas variaciones de facies.

El límite inferior es neto, y erosiona gran parte de los niveles calcáreos que constituyen el ciclo anterior de edad Luteciense mientras que el límite superior es muy difícil de observar en ciertas zonas ya que separa materiales con litología similar (Margas de Pamplona de Margas de Ilundain)

A escala regional, este ciclo se puede subdividir en dos secuencias de menor entidad, con la ruptura situada a techo de los niveles de transición, formado por calcarenitas y limolitas.

En esta zona no ha sido posible efectuar esta subdivisión debido al escaso contraste litológico existente en el límite entre estas dos secuencias y al escaso espesor que presenta la secuencia inferior en esta zona.

Este ciclo, de naturaleza blanda está constituido fundamentalmente por las "Margas de Pamplona" y sus variaciones a facies calcareas, estas últimas situadas al oeste del río Araquil, conformando un subdominio con predominio calcarenítico, sobre la plata forma calcarea

de la Sierra Sarvil y Echauri, constituyendo a grandes rasgos el límite paleogeográfico occidental de las "Margas de Pamplona".

1.3.2.3.1. Calizas y margas (nivel 14). Bartoniense

Afloran en el sector noroccidental de la Hoja, en Iscarri y en Ricoparte, constituyendo la mesa superior de la Sierra Sarvil.

El contacto con la unidad inferior es neto, y erosivo en algunos sectores constituyendo un límite de secuencia, mientras que el límite superior no se observa en esta zona. Lateralmente estos niveles calco-margosos se consideran cambio lateral de facies de los niveles calcareníticos que se describirán a continuación.

Litológicamente está formado por calizas (grainstone) bioclasticas tableadas en bancos finos, con niveles alternantes de margas arenosas.

El espesor de este nivel es difícil de calcular ya que no se observa el límite superior, no obstante es mayor del centenar de metros.

Sobre este nivel y en zonas situadas al oeste de esta Hoja, LEON L., PUIGDEFABREGAS C. y RAMIREZ DEL POZO P. (1971) han realizado un estudio sobre las variaciones sedimentarias, determinando dos grupos de calizas, uno que corresponde a biomicritas y otro a biointramicritas, ambos con cierta cantidad de limo de naturaleza silícea.

Estos niveles calcáreos presentan estratificación cruzada, con dirección de corriente O-E y sentido hacia el este, sedimentados en un ambiente de plataforma.

Petrológicamente, este tipo de rocas están constituídas con un 99% de CO_3Ca , con un tamaño de grano que varía entre 1 y 2 mm. Dentro de los componentes aloquímicos predominan los fósiles con un 65%, y los intraclastos con un 5%, mientras que en los ortoquímicos, el más representado, es la esparita en un 30%.

Los estudios micropaleontológicos han determinado: Sigmolina bartoniensis, Asterodiscus stella GUMB, A. stellatus (D'ARCA), Eorupertia magna (LE CALVEZ), Nummulites cf striaturs (BRUG), fauna característica del Bartoniense.

1.3.2.3.2. Calcarenitas (Nivel 16). Bartoniense

Estos niveles coronan la Sierra Sarvil, y se consideran un cambio lateral de los materiales descritos anteriormente. Sus mejores afloramientos se sitúan en la vertiente oriental de dicha sierra y en concreto, en la cantera situada en la Calzada.

Litológicamente está formado por calcarenitas arenosas marrones, distribuidas en bancos de 1 m. de espesor, con tendencia tabular y base frecuentemente erosiva, muy

diacaladas con rellenos de calcita. Estos niveles calcáreos presentan una gran cantidad de glauconita, y se disponen en capas tabulares y ocasionalmente canalizadas, con abundantes estructuras tractivas producidas por mareas, tormentas y oleaje. A techo se observan contactos ligeramente erosivos sobre los términos calcareníticos infrayacentes.

Los estudios petrológicos de calizas han determinado que esta roca está formada en un 95% por CO_3Ca y en el 5% restante, son detríticos tamaño arena. Estos terrigenos suponen un 5%, de naturaleza cuarcita, mientras que los aloquímicos están constituidos por un 50% de fósiles y un 5% de intraclastos. Los ortoquímicos están constituidos por un 40% de esparita. Presentan como accesorios glauconita y sulfuros

Los estudios micropaleontológicos han determinado : Asterodiscus stella (GUMB), A. stellatus (D'ARCH), Operculina alpina, (DOUU), Eurupertia magna (LE GALVEZ), Lithoporella melobesioides (FOSLIE), que asignan una edad Bartoniense.

1.3.2.3.3. Margocalizas y margas (Nivel 15). Bartoniense

Este nivel se encuentra intercalado entre el tramo calcarenítico descrito anteriormente. Sus afloramientos constituyen un banda de dirección NNO-SSE que se acuña hacia el sur, sin rebasar el paralelo de Echaury, observándose con mayor facilidad, al oeste de Izcue, en donde se ha realizado una serie sedimentaria.

Litológicamente están formados por un conjunto de margas y margas calcáreas marrones nodulosas que presentan intercalaciones centimétricas de areniscas calcáreas de grano fino, con numerosos ripples de corriente a techo y huellas en el muro, con nodulos de hierro y niveles ferruginosos.

La potencia máxima de este conjunto es el orden de 80 m, acuñándose hacia el sur, en donde llegan a desaparecer.

Sedimentológicamente, estos depósitos se asocian con turbiditas, pertenecientes a orlas laterales de abanicos submarinos de probable procedencia meridional.

Los estudios micropaleontológicos han determinado: Cibicides pseudoungerianus CSUNM, Gyroidina guaya balensis COLE, Cibicides praecursorius SCHWAG, Bolivina nobilis HANTK, Virgulina dibollensis CUSHM, Saracenaria cf arcuata, D'ORB, Dentalina (Nodosaria) soluta (RESS), Truncorotaloides Rohri BRONN y BERM, T. Topilensis (CUSHM), Globigerina senni (BECKMANN), G. Venezuelana HEDBERG, Globigerapsis index (FINLAY), que asignan una edad Bartoniense.

1.3.2.3.4. Margas, limolitas y calcarenitas (nivel 17). Bartoniense

Este conjunto, con una potencia de unos 60 m, aflora en una banda paralela a los niveles descritos anteriormente, situándose sus mejores afloramientos en las barranqueras próximas a Izcue que cortan estos materiales.

Litológicamente está formado por margas grises y limolitas calcáreas que intercalan capas tabulares de calcarenitas con "ripples" de oleaje. En algunas ocasiones se aprecian cicatrices en las margas que están rellenas por términos más limolíticos y calcareníticos.

Sedimentológicamente estos términos margosos limolíticos con calcarenitas se atribuyen a medios deltaicos distales con desarrollo de canales de plataforma (goullies), e influencia de las tormentas. Las facies finas y las desorganizadas corresponden a un contexto de prodelta-talud.

Los estudios de microfauna han determinado entre otros, Marginulina parvaensis (HANK), Gyroidina guayabalensis (COLE), Ammobaculites tuba (GUMB), Anomalina cf. bilateralis CUSHM, Cibicides pseudoungerianus CUSHM, truncorotaloides Rohri (BRONN), T. topilensis (CUSHM), Globorotalia centralis CUSHM, Pseudo hastigerina micra (COLE), Globigerapsis senni (BERM), que asigna a esta unidad una edad de Bartoniense.

Los niveles 14, 15, 16 y 17 se correlacionan por su edad y en parte por similitud litológica con la Fm. Limolitas de Urroz (PUIGDEBABREGAS, 1975, REMACHA y PICART, 1991).

En esta memoria se ha adaptado para este conjunto la denominación de "Complejo de Tránsito" de forma análoga a la denominación de "Capas de Tránsito" propuesta por DEL VALLE (1989).

1.3.2.3.5. Calcarenitas (Nivel 19). Bartoniense

Estos niveles afloran en las proximidades del diapiro de Iza, en el límite septentrional de la Hoja, formando parte de cuatro niveles, de distinta entidad, en cuanto a potencia y extensión, que con dirección NO-SE se encuentran incluidos dentro de las "Margas de Pamplona", excepto el basal que se encuentra en contacto mecánico con los niveles calcáreos Ilerdienses.

Litológicamente se trata de cuatro niveles, aunque uno de ellos de muy pequeño espesor, constituidos por calcarenitas amarillas (grainstone) tableadas, dispuestas en bancos finos con estratificación cruzada, "ripples" y abundantísima bioturbación, e intercalaciones de niveles de margocalizas.

Estratigráficamente se considera a estos niveles como equivalentes a los descritos anteriormente, denominados "Complejo de Tránsito", con las mismas características sedimentológicas y micropaleontológicas.

1.3.2.3.6. Margas y margocalizas (nivel 21). Bartoniense

Se trata de un conjunto calcáreo formado por margas y margocalizas calcareníticas, nodulosas marrones, distribuidas en capas de unos 10 cm. de espesor.

Los análisis petrológicos han determinado que el 95% es CO_3Ca con el 5% restante de terrigenos, oscilando entre un 3% de fracción arena y un 2% de tamaño limo. La naturaleza de sus componentes oscila entre un 30% de fósiles entre los aloquímicos y los ortoquímicos con el 60% de micrita y el 5% restante de esparita.

Este nivel presenta algo de laminación y se ha clasificado como biomicrita con foraminíferos y espículas.

La potencia de este conjunto es del orden de 20 m y sus mejores afloramientos se sitúan en el sector occidental de la Hoja en la carretera de Echauri a Belascoain, intercalados entre las "Margas de Pamplona".

Sedimentológicamente estos niveles nodulosos representan episodios de colmatación y por tanto de somerización relativa de la cuenca por progradación.

Los estudios de microfauna han determinado entre otros: Quinqueloculina sp, Gyroidina sp, (G. aff guayablensis (COLE), Cibicides sp (C. aff pseudoungerianus CUSHM), Globigerina sp (G. cf index (FINLAY), Globigerina aff senni (BECKM), que asignan a esta unidad una edad de Bartonense.

1.3.2.3.7. Margas (Nivel 22). Bartonense

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

La potencia de esta unidad es muy variable, aumentando hacia el norte donde supera los 700 m, estimándose una potencia media de 400-500 m.

Los estudios micropaleontológicos han determinado gran cantidad de fauna, entre ella: Textularia recta CUSHM, T. adalta (CUSHM), T. speyeri REUSS, Gaudryina quadrilatera CUSHM, Tritaxilina pupa (GUMB), Gyroidina guayabalensis (COLE), Chilostonella cylindroides REUSS, Nodosaria hermanni ANDR, Valunlina nummulina (GUMB), Cibicides pseudoungerianus CUSHM, Eponides quachitaensis HOWE y WALL, Globigerina senni (BECKM), G. eocaena GUMB, G. parva BOLLI, entre otros muchos que asignan a esta unidad una edad Bartonense.

En general este conjunto presenta un límite, gradual con las unidades infrayacentes, no siendo así con los niveles superiores, comprendidos en el ciclo Priaboniense, cuyo contacto es neto y en muchos casos fuertemente erosivo.

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

La composición mineralógica de estas margas, han determinado un porcentaje de cuarzo que oscila entre el 15-17 %, de calcita entre 40 y 51 %, de illita entre el 20 y 40 %, caolinita entre el 5 y el 12 %, attapulgita con el 13 % como máximo y ankerita el 6 % como máximo.

En ensayos Lugeon han determinado una permeabilidad que oscila entre 0 y $4,39 \cdot 10^{-4}$ cm/seg.

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

1.3.2.3.8. Calcarenitas y areniscas (Nivel 23). Bartonense-Priaboniense inferior

Esta unidad constituye el límite superior del ciclo Bartonense-Priaboniense inferior, situándose los mejores afloramientos en "las Rondas" de Pamplona, en la desviación a Landaben. En esta Hoja, a estos niveles se les ha denominado como Calcarenitas de Gazolaz, ya que es en las proximidades de esta localidad en donde esta unidad adquiere un mayor desarrollo.

Litológicamente está formado por biocalcarenitas (grainstone) marrones claro, con granos de cuarzo que abundan en los tramos basales, distribuidos en capas de unos 10 cm. de espesor. La potencia total de cada nivel es muy variable, sobrepasando raramente los 50 m.

Los análisis petrológicos han determinado que estos niveles tienen un 97% de CO_3Ca y un 3% de terrígenos, fundamentalmente cuarzo. Entre los componentes aloquímicos destaca el 67% de fósiles y entre los ortoquímicos, un 30% es micrita.

Los estudios micropaleontológicos han determinado: Eoropertna magna (LE CALVEZ), Operculina alpina DOUV, Ammobaculites cf pyrenaicus GAONA y COLOM, Asterodiscus stella (GUMB), que asignan a esta unidad, una edad Bartonense-Priaboniense.

Sedimentológicamente estos depósitos presentan abundantes estructuras tractivas producidas por tormentas ("Hummocky cross stratification"), siendo muy frecuentes las incisiones y las formas canalizadas, asimilándose a canales de plataforma ("goullies").

Este tramo se corresponde a una plataforma siliciclastica abierta, expuesta a la acción de las tormentas, relacionándose con los términos progradantes de la Fm. Belsue-Atares.

1.3.2.4. Priaboniense

Este ciclo presenta notables analogías con el conjunto precedente, constituyendo una sucesión esencialmente margosa, con intercalaciones de niveles calcáreos en el sector de Belascoain y un conjunto de niveles turbidíficos.

El límite inferior de este ciclo es muy neto y erosivo, afectando en algunos sectores a parte de los niveles calcareníticos denominados "Calcarenitas de Gazolaz", mientras que en otros se pone en contacto directamente sobre las "Margas de Pamplona", lo que dificulta su observación.

1.3.2.4.1. Areniscas y margas (Nivel 24). Priaboniense

Estos niveles se encuentran incluidos dentro de las denominadas "Margas de Ilundain" que se describen a continuación.

Los mejores afloramientos se sitúan al sur de Sagües, en unos niveles de dirección aproximada E-O y una potencia del conjunto que no supera los 50 m.

Litológicamente se trata de margas y areniscas calcáreas (packstone-grainstone) de grano fino y tonos marrones, distribuidas en capas plano paralelas, de tamaño centimétrico, incluyendo con frecuencia restos de plantas y materia orgánica. Los análisis petrológicos han determinado que poseen un 80% de CO_3Ca , con un 20% de terrigenos, variando el tamaño entre limo y arena, y de naturaleza fundamentalmente silícea. Entre los componentes aloquímicos destaca el 20% de fósiles y el 15% de pelets, mientras que en los ortoquímicos el 35% es esparita y el 10% micrita.

Estos niveles presentan las bases canalizadas y ligeramente erosivas con elevado desarrollo de estructuras en la base, observándose laminación paralela y ripples de corriente.

Los estudios micropaleontológicos han determinado: Quingeloculina sp, Sigmolina sp, Ammobaculites sp, y fauna en general sin valor estratigráfico, asignando una edad Priaboniense por su posición estratigráfica.

Sedimentológicamente corresponden a turbiditas depositadas en un canal de abanicos submarinos, correspondiendo en concreto estos depósitos a las facies de "overbank" de los depósitos turbidíficos propiamente dichos, desarrollados en las vecinas hojas 1:25.000 de Pamplona y Elorz, denominadas "Turbiditas de Tajonar" (ADARO 1988).

1.3.2.4.2. Margas (Nivel 25). Priaboniense

Estos niveles conforman la mayor parte de los sedimentos que componen este ciclo. Se han denominado como "Margas de Ilundain" (MANGIN, 1959-60) y presenta unas características litológicas similares a las descritas para las "Margas de Pamplona".

Litológicamente está formada por un conjunto muy homogéneo de margas grises nodulosas con intercalaciones centimétricas de niveles de calcarenitas. En el muro de esta unidad se observan niveles de anhidrita y sepiolita mientras que en el techo aparecen unos niveles de pelitas negras propias de fondos anóxicos.

Sus límites inferior y superior están catalogados como "límites de secuencia" de difícil observación, al poner en contacto materiales de naturaleza blanda, margas en el muro y evaporitas en el techo.

La potencia de esta unidad oscila entre 300 y 400 m, determinándose en los estudios micropaleontológicos gran cantidad de fauna, entre ella: Gaudryina quadrilatera CUSHM, Plectina eocenica CUSHM, Textularia recta CUSHM, T. Adulta CUSHM, T. speyeri REUSS, Gyroidina guayabalensis COLE, Eponides caralinensis navarraensis COLOM Nodosaria soluta (REUSS), Cibicides lobatus (WALK y JAL) que asignan a esta unidad como Priaboniense.

Sedimentológicamente estos depósitos margosos se enmarcan en un contexto de plataforma externa y constituyen los términos prodeltaicos de las formaciones de Villalangua y Martés (REMACHA c.p.) de origen fluvial y deltaico respectivamente, definidas por PUIGDEFABREGAS (1975) al este de la Cuenca de Jaca-Pamplona. Las pelitas negras desarrolladas en la parte terminal de este conjunto presentan un marcado carácter anóxico y denotan un progresivo confinamiento de la cuenca, que impide la oxigenación del fondo oceánico.

Análisis mineralógicos efectuados sobre estos materiales han determinado por difracción de rayos X, un 48% de filosilicatos, 17% de cuarzo y un 35% de calcita, de los materiales arcillosos el 61% es Illita, 21% clorita, 10% caolinita y un 8% esmectita.

1.3.2.4.3. Calcarenitas nodulosas (nivel 26). Priaboniense

Este nivel se encuentra intercalado entre las "Margas de Ilundain" descritas anteriormente, y sus mejores afloramientos se sitúan en las proximidades de Belascoain. Litológicamente está formado por un conjunto de calcarenitas (grainstone) nodulosas y calizas bioclásticas. Los análisis petrológicos han determinado un 85% de CO_3Ca y un 15% de terrigenos, esencialmente cuarzo, con un 20% de fósiles entre los componentes aloquímicos y un 65% de micrita entre los ortoquímicos. Presentan trazas de glauconita.

La potencia de esta unidad es del orden de 50 m y presentan gran cantidad de estructuras tractivas producidas por tormentas ("Hummocky cross stratification"). Estas facies se interpretan como pertenecientes a medios someros, en general por encima del nivel de base de las tormentas, situados paleográficamente en una posición más marginal de la cuenca.

Los estudios micropaleontológicos no han clasificado fauna determinativa sólo restos de Cibicides, Gyroidina, Globigerina, Lenticulina, asignando una edad Priaboniense por posición estratigráfica.

1.3.2.5. Priaboniense superior

Constituyen los últimos depósitos con influencia marina, en transición con los depósitos continentales. En esta memoria se han denominado como "Complejo de Tránsito Eoceno-Oligoceno" y están constituidos por la Formación Evaporítica basal que grada a materiales limosos pelíticos y arenosos.

El límite superior de esta secuencia no es posible observarlo en campo, al comenzar con la Formación Evaporítica fácilmente soluble, mientras que el límite superior está definido por la entrada de materiales lagunares continentales.

La Formación Evaporítica, que no ha podido ser cartografiada como tal, ha sido intensamente estudiada por numerosos autores desde su descubrimiento por A. DEL VALLE (1938). La sucesión típica consta de los siguientes términos: Anhidrita basal, tramo halítico inferior, ciclos de silvinita-halita margosa, tramo halítico intermedio, ciclos de carnalita-halita-marga y tramo pelítico superior alternando con halita y anhidrita. La Formación evaporítica puede superar las 100 m de potencia de los que la mayor parte pertenece al tramo pelítico superior. El intervalo con predominio de cloruros tiene una potencia en torno a los 25 m.

La Formación Evaporítica pone de manifiesto el confinamiento de la Cuenca de Pamplona, a finales del Eoceno, sugiere un cambio climático a condiciones de marcada aridez y supone una pérdida de profundidad del agua y una tasa progresiva de evaporación con producción de salmueras cada vez más concentradas.

Este complejo sedimentario se desarrolla en una cuenca confinada, la influencia marina está demostrada en todo el conjunto, no obstante es necesario la comunicación con el mar para ser posible la regeneración de las salmueras que originan los depósitos evaporíticos, y los términos detríticos superiores muestran rasgos mareales.

Todo este conjunto de sedimentos ha sido denominado por PUIGDEFABREGAS (1975) como Fm. Guendulain.

1.3.2.5.1. Margas (Nivel 27). Priaboniense

Sus afloramientos se distribuyen en una banda de dirección aproximada E-0 que discurre por la mitad meridional de la Hoja. Los mejores puntos de observación se sitúan en la antigua carretera N-111, a la altura del Caserío del Vado. Esta unidad ha sido denominada Margas Fajeadas por PUIGDEFABREGAS y DEL VALLE (1978).

Está formado por un conjunto de lutitas rojas y lutitas margosas, alternando con depósitos pelíticos y arcillosos. Hacia techo aparecen de forma gradual niveles de arenisca con estratificación "linsen" y "wavy", abundantes "ripples" de oscilación y esporádicamente niveles métricos de areniscas con formas canalizadas y tabulares. Son frecuentes los fenómenos edáficos, suelos rojos y calcimorfos, así como los procesos pedogenéticos.

Los estudios micropaleontológicos efectuados sobre estos materiales han resultado estériles, no obstante se les ha asignado una edad Priaboniense superior en base a su disposición estratigráfica.

La potencia de esta unidad es superior a 50 m, marcando, sedimentológicamente, un estadio de dilución en la cuenca evaporítica por entrada de aguas continentales con aporte de material en suspensión, deduciéndose unas condiciones lagunares con variaciones notables de salinidad. Los medios salobres están representados por las pelitas con laminado milimétrico asimilable a barras lacustres. Los episodios hipersalinos están evidenciados por la existencia de niveles de anhidrita. Las lutitas rojas y pelitas se enmarcan en un contexto de margen lagunar y los procesos edáficos indican prolongados periodos de exposición subárea.

1.3.2.5.2. Areniscas (Nivel 28). Priaboniense

A esta unidad se ha denominado como Areniscas de Galar (DEL VALLE, 1978) y equivalentes a la Fm. Areniscas de Liédena (MANGIN, 1959-1960).

Sus afloramientos siguen la misma alineación E-O definida en el apartado anterior, situándose sus mejores puntos de observación en las canteras de Muru Astrain.

Se trata de un conjunto de arenas y areniscas de grano fino, micáceas y de tonos marrones, alternando con niveles limosos y margosos dolomíticos. Hacia techo se observan niveles desorganizados de tipo debris-flow y yesos secundarios, los análisis petrológicos han determinado un 50% de mica y trazas de óxido de hierro. La matriz es calcárea en un 35%.

La potencia de este conjunto es del orden de 100 m. Su posición estratigráfica más común, es la situada a techo de las Margas Fageadas, no obstante en sectores próximos a esta Hoja se han observado pasos laterales entre ambas.

Estos niveles presentan estratificación "linsen", "wavy" y "flasher", estratificación cruzada tangencial y bimodal, "ripples" de oscilación y de corriente, huellas de desecación, escapes de fluidos, deformación hidroplástica, "slumping", "debris flow" y huellas de aves. Su aspecto más habitual es de un tableado centimétrico a decimétrico, en capas tabulares ligeramente gradadas con "ripples" a techo que excepcionalmente presentan huellas de base y "lag" de cantos blandos.

Esporádicamente aparecen niveles métricos canalizados con estratificación cruzada y cantos blandos. En la parte alta, las areniscas presentan yesos resedimentados alternando con margas dolomíticas con cristales secundarios de sulfatos.

Los estudios micropaleontológicos no han encontrado fauna determinativa, no obstante se les asigna una edad Priaboniense superior por posición estratigráfica.

Estos sedimentos se interpretan como depósitos deltaicos en medios lagunares sometidos a un régimen intermareal. Las capas tabulares indican cierta turbidez en la sedimentación y los cuerpos canalizados se interpretan como colectores principales de flujo y emisarios de materiales a la cuenca lagunar.

1.3.3. Análisis secuencial y paleográfico del paleogeno marino (Paleoceno-Eoceno)

A grandes rasgos, la sucesión del Paleoceno-Eoceno en la zona de estudio se divide en, una parte inferior carbonatada de edad Paleoceno-Luteciense, una zona de tránsito al Bartonense, de características mixtas, y una potente serie esencialmente margosa que culmina con depósitos evaporíticos y de areniscas finieocenas. (Figs. 4 y 5).

Los términos calcáreos inferiores (Paleoceno-Luteciense) corresponden a plataformas carbonatadas desarrolladas en los márgenes meridional (Sierra de Alaiz) suroccidental (Macizo de Echauri) de la cuenca de Pamplona. El espacio estratigráfico comprendido entre el Ilerdiense-base del Luteciense, se encuentra representado, hacia el Norte de la cuenca, por una potente serie turbidítica, que apenas aflora en el área cartografiada, conocida a grandes rasgos como Flisch eoceno (Soler y Puigdefábregas, 1970) y que es equivalente al Grupo de Hecho (Mutti et al, 1972). Se han diferenciado tres conjuntos carbonatados separados por rupturas sedimentarias, de muro a techo son: Dolomías paleocenas, Calizas de la Sierra de Alaiz, (Luteciense inferior-medio) y Calizas del acantilado de Echauri (Luteciense medio-superior).

El complejo de tránsito Luteciense superior-Bartonense se analiza secuencialmente de forma conjunta, siendo dividido en tres secuencias. Se han diferenciado dos conjuntos deposicionales dentro de la sucesión margosa del Bartonense-Priaboniense coincidiendo con la individualización estratigráfica entre las Fms. Margas de Pamplona y Margas de Ilundaín. Se asimilan tentativamente a ciclos de 2º orden en el sentido de VAIL et al (1990).

La serie eocena termina con los depósitos del complejo de tránsito Eoceno-Oligoceno (Fm. Guendulain) que se trata de manera individualizada en su estudio secuencial y paleogeográfico.

Los depósitos del Paleoceno muestran una tendencia transgresiva para el conjunto, en la base se desarrollan dolomías presuntamente supramareales en relación con facies continentales, y en la parte alta, se reconocen depósitos someros de plataforma carbonatada.

Desde un punto de vista paleogeográfico, estudios regionales (León González, 1972 y Robador, 1990) ponen de manifiesto la evolución a facies de mayor profundidad hacia el Norte, donde aparecen brechas y margas de talud-cuenca.

El límite superior viene marcado por una importante laguna estratigráfica, reposando los carbonatos de Luteciense, directamente encima del Paleoceno y de forma puntual, sobre el Ilerdiense.

- **Luteciense inferior-medio**

Está representado por las calizas de la Sierra de Alaiz. Corresponde a un modelo evolutivo de plataforma carbonatada en la que los términos tableados inferiores podrían corresponder a las facies transgresivas, disponiéndose en relación de on-lap hacia margen, y los bancos masivos superiores constituirían el intervalo de somerización con una geometría de down-lap hacia cuenca producto de la progradación de la plataforma.

Constituyen el margen meridional de la cuenca de Jaca-Pamplona y se encuentran en relación con el surco turbidítico del Grupo de Hecho, situado más al Norte.

Cabe mencionar las rupturas sedimentarias que delimitan el conjunto deposicional a muro y techo.

La ruptura basal constituye una importante laguna sedimentaria que abarca integralmente el Cuisiense y parcial a totalmente el Ilerdiense. Los depósitos que representan este intervalo de tiempo se encuentran representados, en el surco turbidítico del Grupo de Hecho. La manifestación en el surco de la ruptura descrita, puede encontrarse en las megacapas carbonáticas MT1, MT2, y MT3 de Labaume et al (1983) en base a las determinaciones cronoestratigráficas

La ruptura superior se reconoce como discordancia ligeramente erosiva en el acantilado de Echauri y se sitúa entre las dos plataformas carbonatadas del Luteciense. Podría relacionarse tentativamente con la megacapa MT5 (Labaume et al, 1983) del Grupo de Hecho.

- **Luteciense medio-superior**

Constituye la plataforma carbonatada superior del Luteciense (Calizas del Acantilado de Echauri)

La característica geométrica más destacable, es la relación de down-lap producida por la programación de la plataforma hacia cuenca, en relación con el episodio de somerización del conjunto deposicional. Los términos transgresivos apenas se reconocen en superficie y estarían representados por el nivel basal de calcarenitas groseras.

Un hecho constatado por diversos autores (CANUDO et al, 1988 y BARNOLAS et al 1991) es la tendencia en retroceso, hacia el margen septentrional, de las plataformas carbonatadas del Paleógeno. Se ha explicado a partir de un esquema basado en superficies de erosión que truncan los márgenes de la plataforma y son recubiertas por turbiditas en disposición de on-lap. Este hecho se explica en base a la migración hacia el Sur del surco turbidítico debido al levantamiento del margen septentrional y basculamiento reflejado del meridional.

El fenómeno descrito se deduce en la zona de Pamplona a partir de los datos de sondeos (Del Valle y Puigdefábregas, 1978) que ponen de manifiesto la disminución de potencia y probable desaparición de las plataformas carbonatadas lutecienses hacia el Norte.

- **Luteciense superior-Bartoniense**

El Complejo de Tránsito del Luteciense-Superior-Bartoniense se caracteriza por su disposición de on-lap costero sobre las plataformas del Luteciense. En el Macizo de Echaurre se han podido diferenciar tres secuencias deposicionales que marcan una tendencia transgresiva de forma global. La 1ª secuencia corresponde a depósitos calcareníticos deltaicos y de plataforma mixta. La 2ª secuencia está compuesta por una cuña turbidítica (Flisch de Izcue), en la parte inferior, y facies calcareníticas deltaicas en la superior. La tercera secuencia, de carácter margo-limolítico presenta facies de talud-cuenca, pasando en vertical a depósitos de plataforma externa-offshore en relación con medios deltaicos distales. La base de la 3ª secuencia trunca ligeramente los depósitos calcareníticos de la infrayacente y se dispone en forma de on-lap sobre la leve cicatriz.

En la Sierra de Alaiz no existen los términos de calcarenitas, encontrándose una serie pelítico-limosa con depósitos desorganizados, en situación fuertemente erosiva, sobre las calizas lutecienses

- **Bartoniense y Priaboniense inferior-medio**

Corresponde al ciclo de la Fm. Margas de Pamplona en sentido estricto.

El contacto con el conjunto infrayacente resulta, en muchos casos, difícil de determinar debido a las malas condiciones de afloramiento y escaso contraste litológico.

Al Norte de Pamplona aparecen situados en la parte baja de la serie margosa, depósitos turbidíticos (Flisch de Huarte). La desaparición hacia el Este de los términos limolíticos de techo del conjunto infrayacente (Limolitas de Urroz) sugiere la existencia de un cañón

submarino que truncaría dichos términos para dar paso a un surco turbidítico. El reconocimiento en el subsuelo de posibles niveles de anhidrita en la base del conjunto, refuerza la propuesta de un episodio de bajada eustática relativa relacionada con los depósitos turbidíticos.

La mayor parte del conjunto está compuesto por margas homogéneas que se interpretan esencialmente como depósitos prodeltaicos de la Fm. Belsue-Atarés, presentando un carácter progradante.

Los depósitos calcareníticos terminales (Calcarenitas de Gazolaz) marcan un episodio de somerización relativa en la cuenca, con sedimentación por encima del nivel de base de las tormentas, y se correlaciona con los términos regresivos superiores de la Fm. Belsue-Atarés.

Se deduce una cuenca alargada en dirección E-W con ligera componente NW, con facies de llanura y frente deltaico en el sector de Jaca y de prodelta en Pamplona.

En la zona de Belascoain se conservan depósitos situados en una posición más marginal, evidenciada por el desarrollo de facies calcareníticas intercaladas en las margas.

- **Priaboniense medio-superior**

Se corresponde con la Fm. Margas de Ilundain. En la mitad inferior del conjunto se encuentran depósitos de carácter turbidítico alternando con margas de plataforma externa-prodelta y se han observado niveles de sulfatos en posición equivalente. El surco turbidítico puede delimitarse por su margen septentrional, en la sierra de Tajonar, donde la plataforma calcarenítica infrayacente se encuentra total o parcialmente erosionada. El margen septentrional se observa en Ardanaz, localidad en la que existe un on-lap de todos los términos hacia el Norte.

En dicha localidad se observan varios intervalos de turbiditas, con geometría canalizada, alternando con margas de plataforma, y se aprecia una migración conjunta hacia el Sur del depocentro de la cuenca.

De manera similar al conjunto deposicional infrayacente, existe un mayor desarrollo de depósitos calcareníticos de margen en la zona de Belascoain.

La parte superior de las Margas de Ilundain marca una somerización progresiva en la cuenca, y el tránsito a una situación restringida y confinada puesta de manifiesto por el desarrollo de margas anóxicas precursoras de la serie evaporítica.

- **Priaboniense Terminal**

Corresponde a la Fm. Guendulain. La Formación Evaporítica basal se relaciona con una etapa de máximo confinamiento de la cuenca e implica una fuerte disminución de la lámina de agua. Lateralmente se relaciona con las Margas Fajeadas distribuidas en zonas algo más marginales con influencia continental y desarrollo de facies arenosas canalizadas. El resto de la secuencia está compuesto por términos arenosos que implican un humedecimiento climático relativo y muestra mayores influencias marinas. El desarrollo en la parte terminal, de depósitos de yesos, frecuentemente, resedimentados, se relaciona con un episodio de colmatación y cierre definitivo de la cuenca paleógena marina.

1.4.- TERCIARIO CONTINENTAL

Está representado por materiales detríticos pertenecientes a sistemas aluviales.

Se divide en cinco ciclos limitados por rupturas continuas a nivel regional que presentan, en general, una organización secuencial positiva con desarrollo de términos terrígenos groseros en la base y aumento de fangos hacia techo.

La falla de Tafalla-Puente de la Reina, constituye un gran accidente que separa la cuenca de Ebro s.s. de la de Jaca-Pamplona, dificultando la correlación de las unidades respectivas.

1.4.1. Oligoceno

1.4.1.1. Sueviense

En estos niveles comienza el terciario continental visible en esta región. Se dispone discordante sobre los tramos areniscosos (Areniscas de Galar) de la Fm. Guendulain.

1.4.1.1.1. Arcillas y yesos (Nivel 30). Sueviense inferior

Esta unidad ha sido definida por PUIGDEFABREGAS (1975), como Fm. Yesos de Undiano. Se dispone por encima de los niveles descritos anteriormente de la Fm. Guendulain, alcanzando una potencia de unos 500 m, los mejores afloramientos se sitúan en los alrededores de Undiano.

Litológicamente está formado por margas grises dolomíticas, lutitas rojas y yesos recristalizados con laminación ondulada y algunos niveles delgados de yesoarenitas. Presenta estructuras estromatolíticas en los yesos de techo de la unidad.

En sondeos aparece como una sucesión rítmica entre fangos y anhidritas, habiéndose reconocido en la parte inferior, depósitos de halita. Los fangos aparecen en secuencias decimétricas a métricas de margas dolomíticas, arcillas grises y lutitas decoloradas o rojas, asimilables a ciclos de oxidación-reducción, características de medios lacustres marginales. El origen lacustre está evidenciado por el desarrollo de un laminado milimétrico en las margas interpretado como varvas lacustre. Los niveles de yesos se presentan en bancos de espesor centimétrico a métrico. Se diferencian yesos laminados, con estructuras estromatolíticas, yesos masivos muy recristalizados, raramente nodulares y niveles de yesos resedimentados con estructuras tractivas producidas por dinámica lacustre. Las características descritas permiten situar a esta unidad en un contexto lacustre salino.

Los estudios micropaleontológicos no han encontrado formas determinativa, sólo moldes de ostracodos, y gasterópodos, asignando una edad Sueviense inferior por posición estratigráfica.

Esta unidad es presuntamente equivalente a la Fm. Yesos de Puente la Reina (RIBA y PEREZ MATEOS, 1962) por ocupar la posición basal en la serie continental del Oligoceno correlacionándose con la Fm. Yesos de Añorbe (PUIGDEFABREGAS, 1972).

1.4.2. Oligoceno terminal-Mioceno inferior

1.4.2.1. Arveniense-Ageniense

Corresponde al ciclo de los "Conglomerados Inferiores del Perdón". Esta unidad fue definida por J. DEL VALLE en los estudios realizados para POSUSA con el fin de valorar el riesgo de entrada de agua en las minas de Potasa.

Esta unidad avanza transgresivamente hacia el oeste y se apoya en términos cada vez más antiguos, acunándose los niveles detricos con inferiores en esa dirección.

Estos niveles decapitan la cuenca potásica, bajo la falda meridional de la Sierra del Perdón, llegándose a apoyar sobre las "Margas de Ilundain".

1.4.2.1.1. Conglomerados (Nivel 36). Arveniense-Ageniense

Este nivel aflora en la carretera a Arguiñariz y en la banda que une el caserío Ipsate con la ermita de Santa Agueda.

Los afloramientos se encuentran en general muy cubiertos por derrubios de ladera y parcialmente alterados. La potencia es muy variable y difícil de calcular, no obstante supera el centenar de metros.

Litológicamente están formados por cantos redondeados de caliza, areniscas eocenas y menos abundantes de cuarzo, ofitas y rocas metamórficas. Presentan en general soporte elástico y es frecuente la imbricación de cantos y el desarrollo de barras de gravas con estratificación cruzada planar, fuertemente angular. La matriz es de arenisca de grano grueso. Los paquetes presentan bases erosivas y canalizadas con abundantes cicatrices internas.

Estos materiales pertenecen a un sistema de abanicos fluviales húmedos. Los apices de estos abanicos se situarían en la Sierra del Perdón con facies conglomeráticas desorganizadas de frente proximal a medio.

Estos depósitos se interpretan como canales fluviales de configuración "braided" que transportan gran cantidad de gravas. Menos frecuentes son los depósitos desorganizados del tipo "debris-flow" y "mud-flow".

No ha sido posible efectuar dataciones sobre este nivel, no obstante se ha asociado al Arveniense-Ageniense por su posición estratigráfico.

1.4.2.1.2. Arcillas, limos, areniscas y calizas (Nivel 37). Arveniense-Ageniense

Esta unidad se sitúa por encima de los niveles conglomeráticos definidos anteriormente, con afloramientos en malas condiciones de observación.

Se trata de un conjunto litológico con predominio de los depósitos lutíticos con intercalaciones de niveles de arenisca canalizados. Los depósitos fangosos están representados principalmente por lutitas ocre y rojas asimilables a episodios de inundación. Esporádicamente aparecen lutitas margosas decoloradas y niveles de calizas nodulosas originadas en zonas encharcadas con deficiente drenaje.

Los depósitos arenosos, alcanzan su mayor entidad bajo la morfología de canales, presentando estratificación cruzada planar y en surco y "ripples" de corriente. Dominan las configuraciones de alta sinuosidad, con superficies de acreción lateral y "cosets" de "climbing ripples", estructuras propias de depósitos de barras de meandro.

Son frecuentes las facies areniscosas y arenosas no canalizadas. Se distinguen niveles tabulares de arena mal clasificada, sucia, de grano muy fino, con abundantes procesos pedogenéticos y edáficos (suelos calcimorfos), interpretados como lóbulos de desbordamiento. Otros depósitos de areniscas corresponden a niveles tabulares y lenticulares compuestos por "cosets" de "ripples" y "sets" de estratificación cruzada de mediana escala asimilables a facies de margen de canal.

Los niveles carbonatados, han determinado en análisis petrológicos, un porcentaje en carbonatos del 99%, con un 10% de fósiles y un 15% de pelets entre los componentes aloquímicos y un 60% de micrita y 15% de esparita entre los componentes ortoquímicos.

Las dataciones efectuadas en estos materiales sólo han determinado fauna vanal de moluscos y oogonios de charofitas, asignándose una edad Arveniense-Ageniense por su posición estratigráfica.

1.4.3. Mioceno inferior

1.4.3.1. Ageniense-Aragoniense

Se trata del ciclo de los "Conglomerados Superiores del Perdon", que presentan un gran desarrollo en la vecina Hoja de Puente la Reina.

Presenta unas notables analogías litológicas y sedimentológicas con el ciclo anterior, sólo existiendo un contacto discordante entre ellos.

1.4.3.1.1. Conglomerados (Nivel 40). Ageniense-Aragoniense

Afloran en el límite meridional de la Hoja, constituyendo las estribaciones septentrionales de la Sierra del Perdon, con una potencia de varios cientos de metros de espesor.

Se presentan discordantes sobre los niveles descritos anteriormente, no presentando diferencias desde el punto de vista litológico con el ciclo de los "Conglomerados Inferiores del Perdon", dominando las facies de canales "braided" con barras de gravas sobre los depósitos desorganizados originados por procesos netamente gravitacionales.

Estos conglomerados, corresponden a medios asimilables a abanicos fluviales húmedos.

No ha sido posible efectuar dotaciones sobre este tipo de materiales, no obstante se asocian al Ageniense superior-Aragoniense por posición estratigráfica.

1.4.3.1.2. Arcillas, limos y areniscas (Nivel 41). Ageniense-Aragoniense

Esta unidad se puede observar en el sector meridional de la Hoja, en un pequeño afloramiento de muy mala calidad y escasa dimensión, que constituye los niveles superiores del Monte Ipasate.

Aunque en esta Hoja tiene una escasa representación, el máximo desarrollo lo adquiere en la vecina hoja de Puente la Reina. Está formado por arcillas ocre y rojas que intercalan niveles canalizados de areniscas. Entre estas formas canalizadas predominan las de tipo meandriforme. Los análisis petrológicos de areniscas han determinado un 30% de CO_3Ca y un 70% de terrígenos, entre ellos un 30% de cuarzo, un 5% de rocas metamórficas y un 35% de calizas, con trazas de óxidos de hierro, entre los accesorios y trazas de fósiles entre los aloquímicos y un 23% de cemento calcítico entre los ortoquímicos.

La potencia de esta unidad es muy variable, acunándose hacia el noroeste, no obstante puede llegar a alcanzar en la Hoja de Puente la Reina más de 100 m. de espesor.

Los estudios de microfósiles han determinado Rantzieniella nitida GRAMB, Sphaerochara davidi FEIST-CASTES y fragmentos de gasterópodos, que asignan a esta unidad como Ageniense-Aragoniense.

1.5.- CUATERNARIO

El Cuaternario de la Hoja de Cizur está representado fundamentalmente por los depósitos fluviales de los ríos Arga y Araquil, reconociéndose también en depósitos de ladera, glacis y arcillas de descalcificación, estas últimas producto residual del Karst que afecta a la Sierra Sarvil.

1.5.1.- Cantos, gravas y arenas (50, 51, 52, 53 y 54). Terrazas

El sistema de terraza del río Arga está muy bien desarrollado en el sector este del mismo. El estudio de las hojas adyacentes (E:1:25.000) de Pamplona y Puente La Reina y otros datos obtenidos de la Hoja de Tafalla (E:1:50.000) dan como resultado el reconocimiento de varios niveles de terrazas que van desde + 3-7 m. hasta + 80-100 m. con alturas intermedias de +10-15 m, + 15-25 m., +35-40 m y +50-70 m., aunque en esta hoja no aparece en nivel superior de +80-100 m.

En cuanto a las terrazas del río Araquil, cabe señalar la correspondencia que existe con el Arga, en lo que a los niveles más bajos se refiere, puesto que los superiores a +25-30 m. no aparecen dentro de la superficie de la Hoja.

Los datos tomados "in situ" definen estos depósitos como un conjunto de cantos y gravas de naturaleza calcárea y cuarcítica, principalmente, con cierto contenido en cuarzo y areniscas. El tamaño medio de los cantos, según el eje mayor está comprendido entre 3 y 8 cms. con tamaños máximos observados de 20-25 cms. La matriz es arenoso-arcillosa de color rojo o marrón rojizo y la potencia oscila entre 2 y 5 m, aunque en algunos puntos se pueden observar potencias mayores.

La edad que se asigna a estos depósitos es Pleistoceno, aunque probablemente la terraza más baja llegue hasta el Holoceno.

1.5.2.- Arenas, arcillas, cantos y gravas (55). Fondos de valle

También constituyen una unidad importante por su representación superficial sobre todo en el cuadrante SE. La litología de los mismos es muy similar a la de las terrazas en cuanto a los elementos groseros, pero la textura difiere al presentar un mayor contenido en elementos finos, es decir una matriz más abundante. Estas características no sólo se deben a la litología del área madre, sino a que estos depósitos se desarrollan por lo general en áreas de escasa pendiente con menor capacidad de transporte.

1.5.3.- Limos, arenas y gravas (60). Llanura de inundación

Este depósito sólo se desarrolla en el río Araquil, las características litológicas y texturales son similares a las de las terrazas, pero a techo se produce una acumulación de 0,50-1,00 m de limos que corresponden a las facies de desbordamiento.

Sobre esta llanura de inundación se reconocen huellas de antiguos cauces que pueden ser funcionales en épocas de lluvia.

La edad asignada a la llanura de inundación y a los cauces abandonados es Holoceno.

1.5.4.- Cantos, gravas y arenas (57). Conos de deyección

Son formas poco frecuentes que se originan a la salida de algunos arroyos y barrancos en su confluencia con otros cursos de rango superior. Su tamaño varía desde un centenar de metros hasta casi un kilómetro de longitud siendo los que aparecen entre Otazu y Larraya en el Caserío de Las Bodegas, los de mayores dimensiones.

Su litología es mayoritariamente fina con niveles de gravas y cantos de caliza y cuarcita. El tamaño de los elementos gruesos es menor; disminuyendo, dentro del mismo depósito, desde la zona apical a la distal. La potencia también varía en el mismo sentido, oscilando entre 5 m, en el ápice, a menos de 1 m. en el borde distal. Los mejores ejemplos se localizan en el valle del Arga donde estos depósitos se instalan sobre las terrazas bajas, interdentándose a veces con ellas. La edad es Holoceno y conviene tener en cuenta que algunos de ellos pueden ser funcionales en épocas de grandes precipitaciones.

1.5.5.- Arcillas, arenas, gravas y bloques (58). Coluviones

A excepción de los desarrollados en el cuadrante SO (Vidaurreta, Belascaoin) tienen una extensión muy reducida. Su litología y textura tienen en común la heterogeneidad y la escasa compacidad, pero cada uno de ellos depende de los materiales de los que se abastece, de la textura de los mismos y de la pendiente de la ladera. De esta forma un coluvión puede estar constituido por una acumulación de bloques con poco material fino (Acantilado de Echauri), mientras otros lo están por una acumulación de material fino con fragmentos angulosos de calizas, dolomías, areniscas o cuarcitas. En general se trata de depósitos poco coherentes con un espesor muy variable.

La edad que se les atribuye es Holoceno por su relación con la parte baja de las laderas, superponiéndose o interdentándose con los depósitos de fondo de valle y con las terrazas.

1.5.6.- Bloques, gravas, arenas y arcillas (48). Piedemonte

Por lo que a estos depósitos se refiere, el único representante que existe en la Hoja es la prolongación natural del piedemonte de la Sierra del Perdón cuyas características del mismo se describen ampliamente en la Hoja de Puente La Reina. La edad que se le atribuye es bastante amplia, Pleistoceno, por suponer que su formación requiere tiempo y por estar desconectado de la red fluvial actual.

1.5.7.- Gravas, arenas y arcillas (47). Glacis

No son muy frecuentes y aparecen en el borde meridional como continuación natural de los depósitos de vertiente de la Sierra del Perdón, también en las laderas este y sur de la Sierra Sarvil y en la esquina NE de la Hoja. Constituyen formas de relieve suave en las zonas bajas de las vertientes de los arroyos secundarios (parajes de Zarrapea, Izabizcar y Estacain).

Están constituidos por cantos y gravas de calizas areniscas o cuarcitas, dependiendo de la litología del área madre, envueltos en una matriz arenosa con limos y arcilla. El tamaño de los cantos varía entre 3-7 cm con un máximo observado de 20 cm. La potencia, no siempre visible, varía entre 1 y 3 m. aunque puntualmente puede ser mayor. En algunos de ellos se desarrolla a techo un suelo rojo más o menos evolucionado.

1.5.8.- Arcillas rojas (46). Arcillas de descalcificación

De un rojo intenso, constituyen el producto residual de la disolución de los carbonatos y aparecen tapizando el fondo de muchas dolinas, así como rellenando los huecos y cavidades del microrrelieve a que dan lugar las formas menores del karst.

La naturaleza de este material es principalmente arcillosa, como su propio nombre indica, aunque siempre contiene un cierto porcentaje de limo, arena e incluso algunos fragmentos de rocas carbonatadas desprendidas de las paredes de las dolinas. En cuanto a la potencia es difícil determinar debido a la inaccesibilidad del terreno, pero debe suponerse de una gran variabilidad.

2.- TECTONICA

2.1.- LA CUENCA DE PAMPLONA

La Cuenca de Pamplona está limitada por el noreste por las estructuras pirenaicas del entorno del macizo de Oroz-Betelu, que al cabalgar hacia el S.O. origina el surco subsidente de Arre, que provoca el desplazamiento de las sales del Keuper, acumulándose en la estructura de Noain a Zuasti, dando posteriormente lugar a las diapiros de Iza y Anoz.

Estos diapiros tienen una génesis semejante, tratándose de mega-sigmoides de desgarre.

Por el oeste, está limitada por la falla de Estella, que es un accidente de zócalo de dirección NNE-SSO, que resuelve el desplazamiento de la falla norpirenaica o falla de Leiza.

En la cobertera la falla de Estella, produce una amplia banda de cizallamiento, que con la misma orientación NNE-SSO, discurre desde la Sierra de Andia, hasta la zona oriental de la Sierra del Perdón. Esta banda de cizallamiento ha permanecido activa, por lo menos, desde el Eoceno inferior (Sierra de Andia y diapiro de Anoz) hasta el Mioceno (diaclasamiento de los conglomerados superiores del Perdón, sobre la falla de Beriain oeste), permitiendo el desplazamiento sinistral del Cabalgamiento Frontal Pirenaico y la transferencia del movimiento hacia el Cabalgamiento Frontal Cantábrico. Asociados a la traza en superficie de la Falla de Estella se reconocen los diapiros de Salinas de Oro y Arteta. El de Salinas de Oro, ha originado una serie de fallas concéntricas y radiales, que penetran en la Cuenca. La más importante es la de Echaury.

Por el S y SE, la Cuenca de Pamplona se encuentra limitada por el cabalgamiento de la Sierra de Alaiz, cuya traza en arco convexo hacia el norte representa en esta transversal al anteriormente mencionado Cabalgamiento Frontal Pirenaico. Este cabalgamiento resuelve la aloctomía de la Cuenca sobre el antepais como pone de manifiesto en el sondeo de Astrain, que corta calizas del Eoceno, bajo el Keuper. El sondeo se encuentra a unos 13 km. de la falla de Puente la Reina, lo que da una idea del importante desplazamiento del sector occidental de la Cuenca. Desde este punto de vista la Cuenca de Pamplona se puede calificar como una cuenca "piggy back" al haber sufrido una traslación pasiva simultáneamente a su desarrollo.

El límite septentrional de la Cuenca, se puede considerar a las estructuras E-O, originadas posiblemente por el cabalgamiento de Roncesvalles.

La estructura de la Cuenca de Pamplona, es totalmente diferente a ambos lados del eje Noain-Zuasti. Al este se encuentran las anticlinales de Zabalegui e Ilundain, con dirección E-O en su tramo oriental, girando hacia el NO en su tramo occidental.

En el sector occidental de la Cuenca, la estructura de mayor importancia, es la Sierra del Perdón, que se conoce con bastante detalle debido a la explotación del yacimiento

potásico. La estructura actual consiste en un sinforme de dirección ENE-OSO, flanqueado por las fallas de Esparza y Beriain norte.

2.2.- DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS

Desde el punto de vista estructural, en esta Hoja se han diferenciado los siguientes elementos tectónicos.

2.2.1.- Pliegues

En esta Hoja no existen pliegues de amplio radio, solo pequeñas estructuras ligadas a accidentes importantes. En general los materiales aflorantes en esta zona, forman una serie monoclinial con buzamiento sur, exceptuando los materiales calcáreos que constituyen la Sierra Sarvil que buzanan hacia el este. Al norte de esta Sierra, se ha observado un suave anticlinal con dirección N-S.

Al norte de Belascoain existen estructuras de pequeña entidad, relacionadas con fracturas importantes, y cuya dirección es prácticamente E-O.

2.2.2.- Fracturas

En esta Hoja existen varios sistemas de fracturas, siendo el más importante el relacionado con el emplazamiento de los diapiros de Arteta y Salinas de Oro situados al oeste de la Hoja.

Sobre la Sierra Sarvil existen varias fracturas radiales y concéntricas relacionadas con estos diapiros, la más importante de todas ellas es la falla de Echauri, con dirección E-O. En su cabecera se observa un colapso importante originado por disolución de sales triásicas. Esta fractura es la responsable de la circulación de aguas que han dado lugar a los manantiales de Echauri y de Ibero.

El manantial de Belascoain está relacionado con una falla radial de características similares a la de Ibero, aunque sin existir relación física entre ambos manantiales, ya que no se han observado ninguna alineación que una estas surgencias.

En el sector meridional de la Hoja, en donde afloran la alineación de materiales compuestos por las "Margas Fajendas" y las "Areniscas de Galar", existe un sistema de fracturas de dirección NO-SE y su conjugado SO-NE.

Las fracturas de dirección NO-SE, afectan al yacimiento de sales potásicas de Undiano. Estos sistemas producen fallas con un componente direccional importante y afectan al contacto de estos materiales con los sedimentos continentales suprayacentes.

Existe un accidente, que divide la Cuenca de Pamplona en dos sectores y que a su vez se encuentra relacionado con el diapiro de Iza. Este accidente de dirección NO-SE, comienza a funcionar a partir del Cretácico inferior. Así en el Cretácico superior separa una zona al oeste con facies semejantes a las de Tierra Estella al de otra con características pirenaicas, en las que sobre un Albiense-Cenomaniense detrítico se encuentran las calizas senonienses con dolomitas en la base. Simultáneamente con la fuerte subsidencia santoniense que se observa entre los sondeos de Urbasa y el de Arre, las potencias se reducen fuertemente en Iza, hasta que en el Campaniense, la sedimentación se hace más uniforme a través del accidente.

Al este de este accidente, se observan estructuras que en el sector oriental de la Cuenca conservan las direcciones pirenaicas, pero que hacia el oeste giran hasta hacerse paralelas a la falla.

Por el contrario, al S.O. de la falla no se observan estructuras plegadas, sino fallas de tensión, como las de Echauri, Esparza y Beriain. Estas últimas originan el hundimiento del yacimiento potásico entre ambas.

Tras la reactivación en el Paleoceno-Eoceno, se produce una fuerte subsidencia en su flanco NE. Por ello frente a los depósitos de plataforma de la parte occidental del accidente se observan sedimentos de cuenca en el sector oriental.

2.2.3.- Discordancias

Entre los materiales que afloran en esta Hoja; existen varias discordancias que determinan el límite de secuencias deposicionales y que pueden estar asociadas a impulsos tectónicos que afectan de forma global a toda la cuenca.

En este apartado solo se trata las discordancias de edad post-eoceno, ya que las anteriores, Cretácico-Paleoceno tiene escasa representación en esta Hoja.

La discordancia Luteciense, tiene una gran importancia en este sector y está definida por una entrada de detríticos en la Sierra Serval. Esta discontinuidad (fase Pirenaica), marcan el comienzo de la estructuración de la Cadena, generándose los cabalgamientos de las Zonas Internas.

Las discordancia Bartonense inferior, afecta en algunos sectores a los materiales sedimentados durante el Luteciense, erosionándoles.

La discordancia Priabonense inferior, se encuentra bien representada en esta Hoja, tiene carácter erosivo, desmantelando los niveles superiores de las Margas de Pamplona, dando paso al depósito de turbiditas.

La discordancia Preaboniense superior, marca el cierre de la cuenca marina con el depósito de las sales potásicas. En campo no es visible debido a la naturaleza de los materiales, no obstante en sismica tiene una buena representación.

Hacia techo las discordancias del Sueviense, Arveniense y Ageniense-Aragoniense, se encuentran bien representados en esta Hoja, siendo todas ellas de naturaleza erosiva.

2.2.4.- Diapirismo

Incluido en esta Hoja, se encuentra el borde meridional del diapiro de Iza. Esta estructura ha sido definida como un "diapiro laminar", recubierto por materiales cuaternarios, que rellenan una cuenca endorreica originada por la disolución de la sal. Esta estructura origina una anomalía gravimétrica negativa de una cierta extensión, por lo que el diapiro puede tener unos 800 m de ancho en su zona central.

La actividad de este accidente comenzó en el Cretácico inferior y superior, continuando en el Paleoceno-Eoceno inferior, que son discordantes en la vecindad del diapiro, evidenciando una reactivación de este.

Posteriormente, el diapiro ha sido deformado por una fuerte compresión NE-SO que ha volcado su flanco occidental, originando en su parte alta una clara vergencia SO.

MARTINEZ TORRES (1989), atribuye a las estructuras de dirección paralela a esta, en Ulzama, una edad prealbiense. En cualquier caso lo que parece evidente es su actividad durante el Santoniense, puesta en evidencia por la rápida subsidencia en el área de Arre y por los depósitos de conglomerados campanienses discordantes sobre el Santoniense en el sinclinal de Urrizala.

2.3.- TELEDETECCION DE LA HOJA DE CIZUR (141-I)

Los estudios de teledetección realizados en esta Hoja, han determinado gran cantidad de lineamientos destacando los situados en el límite occidental de la Hoja que presentan carácter radial, respecto al diapiro de Salinas de Oro.

Los lineamientos de primer orden, con gran continuidad lateral, presentan direcciones E-O y ONO-ESE. Entre estos destacamos el de Echauri, con un trazado, más complicado que el observado en cartografía, relacionando mediante una fractura secundaria el manantial de Echauri con el de Ibero.

El resto de los lineamientos de primer orden, cortan distintas formaciones geológicas y en general presentan una orientación paralela. Algunos de ellos tienen escaso reflejo en superficie y representan fracturas de zócalo.

Los lineamientos de segundo orden son más abundantes y en general presentan varias tendencias en su dirección, además de la anterior hay varios con direcciones meridianas. Son de menor entidad que los anteriores y se encuentran en gran parte reflejados en la cartografía.

3.- GEOMORFOLOGIA

3.1.- DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La Hoja, a escala 1:25.000 de Cizur se encuentra situada en el sector central de la provincia de Navarra, perteneciendo, morfoestructuralmente, a la zona surpirenaica casi en su límite con el Arco Vasco (Fig. 6).

Desde un punto de vista administrativo pertenece a la Comunidad Autónoma de Navarra, de carácter uniprovincial, localizándose al oeste de Pamplona y muy próxima a esta localidad.

Orográficamente es una zona de fuertes contrastes topográficos, donde las mayores alturas se localizan en la Sierra Sarvil con 1.136 m. en la Ermita de Santa Cruz, punto más alto de la hoja. Las cotas más bajas están en el Valle del Arga, al sur de la zona, donde desciende hasta 370 m.

El relieve de la hoja de Cizur ofrece cuatro áreas de características diferentes :

- La Sierra Sarvil
- El Valle del Arga
- Las estribaciones orientales de la Sierra del Perdón
- Los relieves intermedios de Muru-Astrain

La Sierra Sarvil, ocupa la mayor parte del cuadrante noroeste de la Hoja. Está formada por materiales fundamentalmente calcáreos dando un relieve muy pronunciado en el que se localizan las mayores alturas de la hoja. Hay que señalar, además el desarrollo de un karst que da lugar a formas típicas de disolución. El sector más espectacular lo constituye la ladera sur, muy recta y de paredes verticales que se conoce como el acantilado de Echauri, formado a favor de una importante falla a la que se le asigna el mismo nombre.

Por el borde sur y entre Belascoain y Arraiza penetra una lengua de conglomerados que constituye las estribaciones occidentales de la Sierra del Perdón alcanzando alturas máximas de 750-800 m.

Al este, y ocupando el cuadrante suroriental, aparece un sector de relieve medio comprendido entre los 400 y los 650 m. Desde un punto de vista general se trata de la vertiente norte de la Sierra del Perdón que ofrece una morfología de colinas y valles que se va suavizando hacia el valle del Arga hasta dar un paisaje alomado con algunos resaltes de importancia como el Cerro Gazólaz de 566 m.

El cuarto sector lo constituye el Valle del Arga, curso de agua en torno al cual se ordena el drenaje regional. Penetra desde la contigua hoja de Pamplona por el extremo noroeste y atraviesa casi diagonalmente la zona, con un trazado entre sinuoso y meandriforme para salir

hacia la Hoja de Puente La Reina muy próximo a la localidad de Belascoain. Dos cauces importantes desembocan en él y son el Elorz, por la margen izquierda, y el Araquil por la derecha. Otros cursos de menor importancia son los barrancos Paciero, del Prado, Lastarreca e Izabal por la vertiente sur y por la norte y de oeste a este, los barrancos de Osquesertía, San Miguel, Cerrado, Ranco, Guldepea y Juslapeña.

Climatológicamente, el área pertenece al Dominio Mediterráneo de Tipo Templado y Humedo con precipitaciones medias entre y una temperatura media anual de 12-13°C con máximas de 36°C en el mes de julio y mínimas de -7°C en Enero.

El principal núcleo de población es Cizur Menor, en la carretera N-111 que constituye casi un barrio de Pamplona por la proximidad a dicha población. Otras localidades que le siguen en importancia son Ororbia, Echauri, Echarrí, Ibero, Vidaurreta y Belascoain, todas ellas en la ribera del río Arga, además de Astrain y Galar al sur de la Hoja.

La red de comunicaciones la encabeza la N-111 y la del ferrocarril Madrid-Pamplona existiendo numerosos caminos y pistas que hacen accesibles todos los núcleos urbanos y la mayor parte de la superficie de la Hoja. El sector más inaccesible lo constituye la Sierra de Echauri con una sola pista de acceso a su parte más alta.

3.2.- ANALISIS MORFOLOGICO

En este apartado se describe el relieve desde dos puntos de vista, uno estático o morfoestructural y otro dinámico o relativo a la actuación de los procesos exógenos sobre un determinado sustrato y bajo unas condiciones climáticas dadas.

3.2.1.- Estudio Morfoestructural

La Hoja de Cizur (141-I), desde un punto de vista morfoestructural, y como ya se ha señalado anteriormente, se sitúa en la zona surpirenaica casi en el límite con el arco vasco.

La topografía, muy contrastada de unos lugares a otros, recibe una fuerte influencia de la tectónica, la litología y la estructura. Los relieves más altos ocupan el cuadrante NO de la Hoja y se desarrollan sobre calizas y dolomías del Eoceno. Estas calizas, muy fracturadas y falladas, permiten la penetración en el macizo del agua meteórica, favoreciendo el desarrollo del Karst. Morfológicamente se manifiesta en la alineación de dolinas según las principales direcciones de fracturación (NE-SO y NO-SE).

Por otra parte, el gran escarpe E-O del estrecho de Echauri parece deberse a una importante falla, de igual dirección, cubierta por depósitos de gravedad. A favor del labio hundido se encaja el Valle del río Arga.

La morfología estructural se desarrolla mayoritariamente en el sector denominado "Relieves intermedios de Mura-Astrain, donde la diferente competencia de algunos materiales da lugar a replanos y superficies estructurales, cuestras, crestas y resaltes de capas duras.

Los resaltes y replanos estructurales están bien desarrollados al norte de Gazolaz, sin embargo las cuestras y crestas aparecen entre Mura-Astrain y Galar, en las estribaciones septentrionales de la Sierra del Perdón. Finalmente, los resaltes de capas duras y las crestas, como consecuencia del alto buzamiento de las capas, están mejor desarrollados al norte de la hoja en los parajes de Ezquibideo y Miravalles.

Por último la morfología de la red de drenaje es uno de los mejores ejemplos de la influencia que ejerce la estructura en la configuración del relieve: La linealidad de algunos cauces, la orientación preferente de muchos de ellos según directrices regionales y los cambios bruscos en los perfiles longitudinales de los ríos, indican que las líneas de agua, buscan preferentemente zonas de debilidad. En este sentido las direcciones más frecuentes se pueden agrupar en varias familias. Entre ellas destacan las NO-SE y NE-SO, en el sector de Paternain, siendo también muy comunes las N-S y E-O, sobre todo en los principales cursos como Arga y Araquil.

3.2.2.- Estudio del Modelado

En este apartado se consideran todas las formas cartografiadas, tanto sedimentarias como erosivas, así como los procesos que las han generado. Se describen por su forma, distribución espacial y desarrollo, analizando las relaciones entre unas y otras.

3.2.2.1.- Formas fluviales

Dentro de la Hoja de Cizur, las formas fluviales, tanto las erosivas como las sedimentarias, alcanzan un amplio desarrollo, siendo los depósitos fluviales de los ríos Arga y Araquil las formas más representativas.

El sistema de terraza del río Arga está muy bien desarrollado en el sector este del mismo. El estudio de las hojas adyacentes (E:1:25.000) de Pamplona y Puente La Reina y otros datos obtenidos de la Hoja de Tafalla (E:1:50.000) dan como resultado el reconocimiento de varios niveles de terrazas que van desde + 3-7 m. hasta + 80-100 m. con alturas intermedias de +10-15 m, + 15-25 m., +35-40 m y +50-70 m., aunque en esta hoja no aparece en nivel superior de +80-100 m.

Litológicamente, las terrazas están constituidas por cantos y gravas de caliza, cuarcita y algunos de cuarzo y areniscas, embutidos en una matriz arcilloso-arenosa. En cuanto a su textura, potencia, etc., se describirán con mayor detalle en el apartado correspondiente a las formaciones Superficiales. La morfología que ofrecen estas formas es en general la de terrazas colgadas, salvo los niveles inferiores, en los que el dispositivo morfológico es el de terrazas

solapadas o encajadas. Estos últimos debido a las características meandriformes del río Arga corresponden, en su mayoría, a depósitos de "point bar".

En cuanto a las terrazas del río Araquil, cabe señalar la correspondencia que existe con el Arga, en lo que a los niveles más bajos se refiere, puesto que los superiores a +25-30 m. no aparecen dentro de la superficie de la Hoja.

Sobre la llanura de inundación del río Araquil o sobre la terraza baja del Arga, se observan además cauces abandonados, algunos de los cuales pueden acumular algo de agua en época de lluvia. También hay que señalar que en puntos, próximos al cauce, como en El Soto y Playa de Soto se produce la formación de barras laterales y centrales con cambios permanentes en su morfología.

Los conos de deyección, también pertenecen a este grupo, son formas poco frecuentes que se originan a la salida de algunos arroyos y barrancos en su confluencia con otros cursos de rango superior. Su tamaño varía desde un centenar de metros hasta casi un kilómetro de longitud siendo los que aparecen entre Otazu y Larraya en el Caserío de Las Bodegas, los de mayores dimensiones.

En cuanto a las formas fluviales de carácter erosivo se han podido reconocer en los meandros más acusados de los ríos Arga y Araquil, zonas de excavación lateral de los cauces con formación de escarpes de paredes verticales.

También ha procesos de incisión vertical en las cabeceras de algunos arroyos y en la Sierra Sarvil, favorecidos estos últimos por las fracturas y el karst.

Por último y dentro de la morfología fluvial, la red de drenaje ofrece un diseño, en planta, influido por la litología y la estructura. Los cursos principales, Arga y Araquil presentan un recorrido sinuoso, pero se adaptan a los espacios que dejan las grandes masas de relieve. En cuanto a la red secundaria, tiene una morfología de tipo subparalelo, es decir intermedia entre los tipos detritico y paralelo, lo que indica una topografía inclinada con frecuentes cambios de pendiente. Es típico de áreas con materiales de diferente competencia y presencia de fallas paralelas (Fig. 7).

3.2.2.2.- Formas de ladera (gravedad-vertiente)

Dentro de este grupo existen dos tipos de formas con depósitos: coluviones y piedemontes.

Los coluviones se forman en las laderas, en general al pie de las mismas y pueden ser varios tipos. Concretamente, en la Hoja de Cizur, se diferencian tres clases, aunque en la cartografía se han representado de la misma manera. En primer lugar se reconocen unos depósitos pequeños, situados al pie de las vertientes, en los cauces principales y secundarios que

se presentan en bandas alargadas paralelas a los mismos. Algunos ejemplos son los que se localizan en el Balneario de Belascoain y en los parajes de El Calvario y Los Regadíos, cerca de Echaurren.

Un segundo tipo lo constituyen la mayoría de los coluviones que aparecen en el cuadrante SO de la hoja. Son aquellos que se caracterizan por orlar algunos relieves de cierta importancia, ofreciendo mayores tamaños y potencia que los anteriores pero, al igual que en ellos, sus depósitos son caóticos mezclándose material grueso con elementos finos.

El último tipo es el formado a favor del gran escarpe del frente meridional de la Sierra Sarvil con una longitud aproximada de 6 km y una anchura comprendida entre 300 y 500 m. A diferencia de los anteriores el depósito ofrece mucho menos material fino, estando constituido mayoritariamente por cantos y bloques angulosos de material calcáreo.

Por otra parte en el sector oriental del borde sur, penetran en la Hoja las partes distales del pedemonte de la Sierra del Perdón. Las características de dicho depósito se describen suficientemente en la Hoja de Puente La Reina.

Las formas mixtas, de erosión-sedimentación, están representadas por los bloques caídos del escarpe de la Sierra Sarvil o del Acantilado de Echaurren y por un pequeño deslizamiento existente en el paraje de Aguacaliente en la esquina SO de la hoja.

3.2.2.3.- Formas kársticas

La morfología kárstica producida por los procesos de disolución sobre rocas carbonatadas, halla su máxima expresión en la Sierra Sarvil, en el cuadrante NO de la Hoja de Cizur.

La unidad más característica dentro de la morfología kárstica es la dolina. Se trata de una forma exokárstica, suficientemente conocida pero que puede ofrecer morfologías muy diversas (en artesa, en embudo, etc.) aunque en el mapa geológico estas diferencias no se han reflejado, representando sólo dolinas y uvelas. Algunas de estas últimas pueden alcanzar casi un km. según el eje mayor. En cuanto a las primeras, el tamaño es muy variable. La distribución de las mismas está relacionada con la textura de la roca y la fracturación, por lo que en el mapa se observan orientaciones preferentes, ligadas a fracturas importantes, según las directrices regionales.

También se ha observado un gran desarrollo de las formas menores del karst, pero el difícil acceso a la Sierra Sarvil y la abundante vegetación impiden en ocasiones su visualización.

Todas las formas aquí mencionadas corresponden a la tipología erosiva, pero si se tiene en cuenta el producto resultante del proceso de disolución, es decir las arcillas de

descalcificación, cabe señalar que no ofrecen una morfología concreta y se localizan, en general, en el fondo de muchas dolinas y cubriendo total o parcialmente las formas menores (lapiaz).

3.2.2.4.- Formas poligénicas

Son todas aquellas en las que intervienen dos o más procesos en su formación. Dentro de la hoja la unidad más representativa la constituyen los glacis. No son muy frecuentes y aparecen en el borde meridional como continuación natural de los depósitos de vertiente de la Sierra del Perdón, también en las laderas este y sur de la Sierra Sarvil y en la esquina NE de la Hoja. Constituyen formas de relieve suave en las zonas bajas de las vertientes de los arroyos secundarios (parajes de Zarrapea, Izabizcar y Estacain).

La morfología de estas unidades es muy característica. Son por lo general formas alargadas, con bordes lobulados y perfil longitudinal plano-cóncavo, aumentando esta concavidad hacia la cabecera. Los tamaños son muy variables y a veces ofrecen escarpes netos hacia los valles, al quedar disectados por la red fluvial como sucede en Cirizar.

Por otra parte la observación del mapa geomorfológico muestra la existencia de un aplanamiento en la Sierra Sarvil entre los 920 y los 1020 m. Por la cota a la que aparece podría correlacionarse con la Superficie de Erosión Fundamental de la Cordillera Ibérica (PEÑA et al. 1984), también reconocida en la Cordillera Cantábrica. Sin embargo al estar tan degradada y al encontrar sólo, estos pequeños retazos, no podría asegurarse que tal correlación sea concluyente. No obstante, en la cartografía geomorfológica se ha representado como una superficie de erosión.

3.2.2.5.- Formas antrópicas

Se han representado en el mapa geomorfológico dos unidades bien diferenciadas. Por un lado todos aquellos huecos realizados por el hombre como excavaciones, canteras, etc...y, por otro las acumulaciones producidas por escombreras y echadizos. Su principal característica es la irregularidad litológica y la escasa compactación del material que puede dar lugar a algunos problemas de índole geotécnica.

3.3.- FORMACIONES SUPERFICIALES

Las Formaciones Superficiales han sido definidas en España por Goy et. al (1981) como todos aquellos materiales coherentes o no, o que han podido sufrir una consolidación posterior y que están directamente relacionados con la evolución del paisaje que se observa en la actualidad.

La principal característica que deben poseer es ser cartografiables a la escala de trabajo. Por otra parte, estas formaciones deben ser definidas por una serie de atributos tales como geometría, textura, génesis, potencia y, en ocasiones, edad.

Entre todas ellas las formaciones superficiales de carácter fluvial son las de mayor representación dentro del ámbito de la Hoja, destacando las terrazas de los ríos Arga y Araquil.

En total se han cartografiado cinco niveles de terraza situados a +3-7 m, +10-15 m, +15-25 m, +35-50 m y +50-70 m. Parece ser que en zonas próximas, existe otro nivel por encima de los 80 m. Los datos tomados "in situ" definen estos depósitos como un conjunto de cantos y gravas de naturaleza calcárea y cuarcítica, principalmente, con cierto contenido en cuarzo y areniscas. El tamaño medio de los cantos, según el eje mayor está comprendido entre 3 y 8 cms. con tamaños máximos observados de 20-25 cms. La matriz es arenoso-arcillosa de color rojo o marrón rojizo y la potencia oscila entre 2 y 5 m, aunque en algunos puntos se pueden observar potencias mayores.

En los pocos perfiles limpios que se han podido encontrar, la presencia de estructuras fluviales es clara, así se reconocen estratificaciones cruzadas, cicatrices erosivas, imbricación de cantos y rellenos de fondo de canal.

Sobre las terrazas inferiores suele existir una acumulación de limos arenosos de 30-50 cm y en algunos puntos se puede ver también la presencia de un suelo pardo rojizo con pequeñas concentraciones de carbonatos.

La edad asignada a estos materiales es Pleistoceno, aunque es muy posible que la terraza más baja puede llegar al Holoceno.

Además de las terrazas fluviales, existen tres afloramientos de terrazas travertínicas que ofrecen las siguientes características. Son depósitos de una gran porosidad (> 30 %) constituidas por calizas microcristalinas, localmente de musgos, en las que aparecen estructuras orgánicas de algas. También se observan estructuras de tallos, tubos, raíces, etc. Su potencia varía entre 2 y 4 m. y forman un escarpe morfológico.

Los fondos de valle también constituyen una unidad importante por su representación superficial sobre todo en el cuadrante SE. La litología de los mismos es muy similar a la de las terrazas en cuanto a los elementos groseros, pero la textura difiere al presentar un mayor contenido en elementos finos, es decir una matriz más abundante. Estas características no sólo se deben a la litología del área madre, sino a que estos depósitos se desarrollan por lo general en áreas de escasa pendiente con menor capacidad de transporte.

En cuanto a los conos de deyección, la litología y la textura son prácticamente iguales, al caso anterior aunque al ser el producto final de la sedimentación de los arroyos, el tamaño de los elementos gruesos es menor; disminuyendo, dentro del mismo depósito, desde la zona apical a la distal. La potencia también varía en el mismo sentido, oscilando entre 5 m, en el ápice, a menos de 1 m. en el borde distal. Los mejores ejemplos se localizan en el valle del Arga donde estos depósitos se instalan sobre las terrazas bajas, interdentándose a veces con ellas. La

edad es Holoceno y conviene tener en cuenta que algunos de ellos pueden ser funcionales en épocas de grandes precipitaciones.

Las Formaciones Superficiales de ladera están representadas por los coluviones y los piedemontes. Los coluviones, a excepción de los desarrollados en el cuadrante SO (Vidaurreta, Belascaoin) tienen una extensión muy reducida. Su litología y textura tienen en común la heterogeneidad y la escasa compacidad, pero cada uno de ellos depende de los materiales de los que se abastece, de la textura de los mismos y de la pendiente de la ladera. De esta forma un coluvión puede estar constituido por una acumulación de bloques con poco material fino (Acantilado de Echaury), mientras otros lo están por una acumulación de material fino con fragmentos angulosos de calizas, dolomías, areniscas o cuarcitas. En general se trata de depósitos poco coherentes con un espesor muy variable.

La edad que se les atribuye es Holoceno por su relación con la parte baja de las laderas, superponiéndose o interdentándose con los depósitos de fondo de valle y con las terrazas.

Por lo que a los piedemontes se refiere, el único representante que existe en la hoja es la prolongación natural del piedemonte de la Sierra del Perdón cuyas características del mismo se describen ampliamente en la hoja de Puente La Reina. La edad que se le atribuye es bastante amplia, Pleistoceno, por suponer que su formación requiere tiempo y por estar desconectado de la red fluvial actual.

Las Formaciones superficiales de origen kárstico se reducen a las arcillas de descalcificación que quedan en el fondo de las dolinas y uvalas de la Sierra Sarvil.

De un rojo intenso, constituyen el producto residual de la disolución de los carbonatos y aparecen tapizando el fondo de muchas dolinas, así como rellenando los huecos y cavidades del microrrelieve a que dan lugar las formas menores del karst.

La naturaleza de este material es principalmente arcillosa, como su propio nombre indica, aunque siempre contiene un cierto porcentaje de limo, arena e incluso algunos fragmentos de rocas carbonatadas desprendidas de las paredes de las dolinas. En cuanto a la potencia es difícil determinar debido a la inaccesibilidad del terreno, pero debe suponerse de una gran variabilidad.

Finalmente las únicas formaciones superficiales de carácter poligénico con depósito son los glaciares. Están constituidos por cantos y gravas de calizas areniscas o cuarcitas, dependiendo de la litología del área madre, envueltos en una matriz arenosa con limos y arcilla. El tamaño de los cantos varía entre 3-7 cm con un máximo observado de 20 cm. La potencia, no siempre visible, varía entre 1 y 3 m. aunque puntualmente puede ser mayor. En algunos de ellos se desarrolla a techo un suelo rojo más o menos evolucionado.

3.4.- EVOLUCION GEOMORFOLOGICA

La evolución geomorfológica de una zona de reducidas dimensiones es difícil de establecer sin integrarla dentro de un contexto regional más amplio. En este sentido la hoja de Cizur pertenece en su totalidad a la Zona Surpirenaica casi en el límite con el Arco Vasco.

Desde un punto de vista geomorfológico el nivel de referencia más antiguo lo constituye la superficie de erosión o, mejor dicho, los retazos de una superficie de erosión desarrollada en la Sierra Sarvil. El problema principal de este arrasamiento es conocer su edad al no existir sedimentos recientes en áreas próximas que puedan relacionarse con él. No obstante, si se pudiera asimilar a la Superficie de Erosión Fundamental de la Cordillera Ibérica (PEÑA et al. 1984), su edad sería Vallesiense-Plioceno, coincidiendo con el final del ciclo neógeno, representando por las calizas del Páramo. A pesar de ello, la ausencia de depósitos de edad comprendida entre el Mioceno y el Cuaternario impide reconstruir detalladamente la evolución de dicho lapso de tiempo. La realización, en un futuro, de trabajos geomorfológicos en hojas próximas permitirán completar muchos de los datos de los que ahora se carece.

Si se considera que el Cuaternario implica el inicio del encajamiento de la red fluvial, es a partir de entonces desde cuando puede insinuarse, en esta zona, la evolución del relieve que se observa en la actualidad.

El encajamiento del sistema fluvial da lugar a una serie de procesos erosivos y sedimentarios. Por una parte los cauces principales van erosionando los relieves y en los momentos de avenida dejan su impronta en los depósitos de terraza. Paralelamente en las laderas existen áreas de erosión y áreas de sedimentación, estas últimas siempre en las partes más bajas de las mismas dando lugar a coluviones, glacis, etc.

A medida que avanza el Cuaternario (Pleistoceno medio y superior), la red fluvial sigue su proceso de instalación, con encajamiento y creación de depósitos (terrazas) a lo que hay que añadir el inicio de la formación de la red secundaria. Todo ello implica el consiguiente modelado de laderas y la formación de nuevos interfluvios. La morfología de las laderas (cóncavas, convexas, regularizadas, etc..) así como la de los valles (simétricos, asimétricos, en "v", en "u", en artesa, etc.) depende, en cada caso, de la litología, del clima y de la tectónica local.

Al mismo tiempo que el proceso de incisión avanza y en las laderas actúa la gravedad, tienen lugar otra serie de procesos: kársticos, lacustres, poligénicos, etc... que contribuyen a definir e incluso a modificar la morfología local.

3.5.- DINAMICA ACTUAL Y SUBACTUAL. TENDENCIAS FUTURAS

La Hoja de Cizur ofrece dos zonas de relieve muy diferente: a mitad oeste, de grandes contrastes topográficos y la mitad este, de relieve más suave, mayoritariamente alomado.

Esta diferencia supone, de partida, que algunos de los procesos como por ejemplo los relacionados con la gravedad, no se desarrollan con la misma intensidad en uno y otro

lado. La litología también es un factor importante, facilitando o dificultando determinados procesos (Ejemplo : karstificación en calizas).

La funcionalidad o no de la mayoría de estos procesos depende en gran medida de las condiciones meteorológicas, aumentando con la pluviometría.

Por todo ello, atendiendo a las características litológicas y estructurales de la hoja y a la climatología del área no se prevén cambios de gran magnitud en el relieve, aunque si se observa, la actuación de algunos procesos sobre todo en el sector occidental de la hoja.

Los principales procesos funcionales son debidos a la acción fluvial concretándose en: incisión vertical de ríos y arroyos (vertientes sur y este de la Sierra Sarvil), cárcavas y cabeceras de cárcavas en el Barranco del Regacho, muy próximas a la localidad de Arraiza y la fuerte erosión lateral en los meandros del río Arga, con formación de importantes taludes casi verticales.

Los procesos de gravedad actuales se limitan, casi exclusivamente, al gran escarpe del Acantilado de Echauri donde son frecuentes las caídas de bloques, favorecidas por la fracturación de la roca, la karstificación y la inestabilidad propia de la pendiente acusada.

Por último, y de escasa importancia, se producen pequeñas áreas de mal drenaje en la superficie de algunas terrazas, donde tiene lugar la formación de suelos grises, a veces de carácter vértico.

4.- HISTORIA GEOLOGICA

En este capítulo se dará una visión generalizada de la evolución tectónica y sedimentaria del sector abarcado por la Hoja 1:50.000 de Pamplona, teniendo en cuenta que esta Historia Geológica se realiza en común para todas las Hojas 1:25.000 que componen el Mapa 1:50.000 de Pamplona.

Aunque los materiales más antiguos que afloran en este conjunto de Hojas pertenecen al triás, esta descripción comenzará en el Cretácico superior debido a la falta de afloramientos y criterios en los materiales triásicos.

En el Cretácico superior se inicia el desplazamiento de la Placa Ibérica hacia el norte, dando lugar mas adelante a su choque con la Placa Europea.

Durante esta serie de tiempo se pueden diferenciar dos grandes conjuntos deposicionales, asimilables a ciclos tectónicos de segundo orden, caracterizados por incrementos en el grado de subsidencia tectónica. La primera fase que comprende el conjunto deposicional Santoniense, representa los términos transgresivos de relleno de surco. Los sondeos profundos realizados en la Cuenca de Pamplona ponen de manifiesto la existencia de una zona subsidente con 2000 m de potencia de sedimentos, destacando los accidentes de Iza y Estella que registran descensos bruscos en el espesor de la serie santoniense.

En el techo de este conjunto se observa un episodio de somerización de la cuenca correspondiente a la fase terminal regresiva. El límite viene marcado por una superficie ferruginosa que representa un hiato sedimentario importante, faltando los términos inferiores del Campaniense.

El conjunto deposicional Campaniense superior-Maastrichtiense está compuesto por dos unidades que se corresponden con la fase transgresiva y regresiva, poniendo en contacto facies de plataforma abierta con depósitos fluviomareales.

Durante el Paleoceno tiene lugar un cambio general en la distribución de las cuencas que definirán la evolución pirenaica durante la orogenia.

El Paleoceno está representado por una serie de dolomias y calizas arenosas atribuidos a depósitos de transición marino-continental con sedimentación en régimen supramareal, y los términos inferiores relacionados con depósitos fluviales y fluviomareales en facies Garumniense.

En esta época se definen los Dominios Pirenaico y Vasco-Cantábrico iniciándose la inestabilidad de la cuenca. Los cabalgamientos en formación originan áreas de altos fondos entre los que quedan surcos subsidentes que canalizan la sedimentación turbidítica, activando algunas de estas estructuras la halocinesis, con la extrusión de Iza y Anoz.

Sobre estos niveles se deposita una serie calcárea cuya edad está comprendida entre el Ilerdiense y el Luteciense inferior-medio. Estos depósitos corresponden a un modelo evolutivo de plataforma calcárea, estando constituidos los tramos inferiores tableados por facies transgresivas y los tramos superiores masivos por facies de somerización.

Estos depósitos constituyen el margen meridional de la Cuenca de Pamplona y se encuentran en relación con el surco turbidítico del Grupo Hecho, situado al norte.

Este conjunto deposicional Ilerdiense-Luteciense inferior-medio, presenta una ruptura basal constituida por una importante laguna sedimentaria con falta del Cuisiense y parcialmente el Ilerdiense. La ruptura superior está definida como una discordancia ligeramente erosiva.

El ciclo Luteciense medio-superior está representado por dos grandes barras calcáreas que se enmarcan en un contexto de "shoals" energéticos. Estos depósitos representan la progradación de la plataforma hacia cuenca, en relación con el episodio de somerización del conjunto deposicional.

Localmente aparecen en la base unos niveles de calcarenitas arenosas, atribuidos a un medio litoral energético muy somero.

La tendencia al retroceso, hacia el margen septentrional de las plataformas carbonatadas se ha explicado en base a un esquema de superficies de erosión que truncan los márgenes de la plataforma y su posterior recubrimiento por turbiditas, migrando hacia el sur, el surco turbidítico con el levantamiento del margen septentrional y basculamiento reflejado en el meridional.

El ciclo Luteciense-Priaboniense inferior, se puede dividir en dos subciclos, el inferior Luteciense superior-Bartoniense, constituido por calcarenitas con intercalaciones de una cuña turbidítica. Estos niveles se enmarcan en un ambiente deltaico.

En este conjunto se han diferenciado tres secuencias deposicionales que marcan una tendencia transgresiva global.

El subciclo superior Bartoniense-Priaboniense inferior-medio, corresponde al depósito de las "Margas de Pamplona" consistente en una serie monótona de margas grises homogéneas, con intercalaciones en el muro de turbiditas. Estas facies se interpretan como episodios de somerización que culminan en una plataforma siliciclástica abierta expuesta a la acción de las tormentas.

A techo comienza el ciclo Priaboniense medio-superior, que corresponde al depósito de las "Margas de Ilundain", consistentes en una serie homogénea de margas con intercalaciones de niveles turbidíticos. Estos depósitos se enmarcan en un contexto de plataforma externa, constituyendo términos prodeltaicos con etapas de somerización y etapas de intercalación de canales de abanicos submarinos.

El techo de estas margas marca una somerización progresiva de la cuenca y el tránsito a una situación restringida y confinada.

Durante el ciclo Priaboniense terminal tiene lugar una fuerte regresión, emergiendo las Sierras Orientales, quedando entre ellas cuencas abiertas hacia el Cantábrico. Esta regresión da lugar al sedimento de la Formación Evaporítica con el depósito de sales potásicas. Estos materiales ponen de manifiesto el confinamiento de la Cuenca y sugiere un cambio climático a condiciones de marcada aridez, con pérdida de profundidad de agua y progresiva evaporación con producción de salmueras cada vez más concentradas. La disposición original de la cuenca evaporítica no se puede establecer ya que sus bordes meridional y occidental han desaparecido bajo la discordancia sueviense.

Posteriormente sucede el depósito de las "Margas fajeadas" que marcan un estadio de dilución de la cuenca evaporítica por entrada de aguas continentales con aporte de material en suspensión, deduciéndose unas condiciones lagunares con variaciones notables de la salinidad, relacionadas con las "Areniscas de Galar", interpretadas como depósitos deltaicos, sedimentados en esas mismas lagunas, sometidas a un régimen intermareal. Aunque estos materiales se han sedimentado en una cuenca confinada, es necesario invocar a una

comunicación con el mar que posibilite la regeneración de las salmueras que originan los depósitos evaporíticos y los términos detríticos superiores.

Sobre estos depósitos se sedimentaron los de edad Sueviense, con la formación "Yesos de Undiano" relacionando estos depósitos con un episodio de colmatación y cierre definitivo de la cuenca paleogena marina.

En este momento comienza el sedimento de depósitos continentales en dos subcuencas, con un umbral sobre el cabalgamiento frontal pirenaico. En la subcuenca meridional, se implanta un régimen fluvio-lacustre que pasa gradualmente al oeste a materiales lacustres y posteriormente a evaporitas. En la subcuenca septentrional el régimen es lacustre con el depósito de evaporitas, anhidritas, yesos y halitas de la Formación Undiano.

En el Oligoceno medio se produce un aumento de la actividad tectónica con un incremento de los materiales detríticos aportados a la cuenca y una expansión de los sistemas fluviales con el depósito de las "Areniscas de Mues" de Mendigorria extendidas sobre el área lacustre de los Yesos de Puente la Reina.

Posteriormente comienzan los impulsos tectónicos y el depósito de sedimentos relacionados con los relieves creados, implantándose un régimen de alta energía con el depósito de abanicos aluviales dando lugar al ciclo de los "Conglomerados Inferiores del Perdón".

Durante el Mioceno inferior y después de otro impulso tectónico, tiene lugar una nueva sedimentación de depósitos aluviales dando lugar al ciclo de los "Conglomerados Superiores del Perdón".

5.- GEOLOGIA ECONOMICA

5.1.- RECURSOS MINERALES

En el ámbito de esta Hoja se han reconocido 14 indicios, la mayoría de ellos de escaso interés y pequeño desarrollo. Solamente puede destacarse la actividad minera desarrollada sobre los materiales potásicos de la Formación Salina y sobre los sedimentos detríticos de las "Areniscas de Galar" aprovechadas a nivel local para áridos naturales. Así mismo se ha inventariado una planta de embotellado de agua minero-medicinal.

5.1.1.- Minerales metálicos y no metálicos

No existe referencia alguna en cuanto al aprovechamiento de minerales metálicos o no metálicos, ni en cuanto a una presencia digna de consideración.

5.1.2.- Minerales energéticos

No existen indicios de sustancias energéticas dentro de los límites de esta Hoja, aunque se han inventariado dos sondeos de petróleo situados en Astrain e Iza, en el límite septentrional de la Hoja, con resultados negativos.

5.1.3.- Minerales y Rocas Industriales

5.1.3.1.- Aspectos generales e históricos

Dentro de los límites de esta Hoja, hay que destacar las explotaciones desarrolladas sobre los niveles potásicos, actualmente agotadas en esta zona y las labores desarrolladas sobre los materiales calcáreos del Eoeno, con producción fundamentalmente de áridos, de trituración, en las proximidades de Echauri.

5.1.3.2.- Descripción de los materiales

1.3.2.1.- Sales potásicas

Se trata de una de las sustancias más emblemáticas del sector minero navarro, tanto por su antigüedad como por su importancia económica. Los estudios de la cuenca potásica navarro-aragonesa se iniciaron en 1929, sufriendo una paralización en los años treinta; las labores se reanudaron en la década de los cincuenta, período en el que se descubre el yacimiento de Nuestra Señora del Perdón, explotado por Potasas de Navarra entre 1962 y 1985 y por Potasas de Subiza; S.A. desde 1986.

La Formación Potásica navarra constituye un macrociclo evaporítico similar al reconocido en la cuenca potásica catalana (ROSELL y PUEYO, 1984) correspondiente a un tipo empobrecido en sulfato magnésico.

En la cuenca navarro-aragonesa el macrociclo comienza por una unidad basal de carácter anhidritico, constituida en esencia por una alternancia de láminas de anhidrita y carbonatos de orden milimétrico, con un espesor conjunto de 0,6 a 1 m. es frecuente la presencia de pseudomorfos de yeso y halita, que descartan un origen primario de la halita. El sedimento corresponde a carbonatos, cuando las facies son laminadas, y a materiales detríticos, en el caso de facies nodulares.

Por encima de dispone el nivel conocido como "sal de muro", con un espesor medio de 10 m; predominan halita y polihalita, observándose varios colores y litofacies, con esporádicos niveles arcillosos que aumentan su proporción hacia el techo. El tamaño del grano varía entre 1 y 3 mm, alcanzando ocasionalmente 10 mm.

A continuación se observa un paquete próximo a 2 m. de espesor, constituido por 18 capas de silvinita, con niveles halíticos intermedios. Hacia la base se observan los mayores tamaños de grano y colores rosados, que evolucionan hacia el techo a tonos rojizos. Las bandas silviniticas tienen carácter monomineral, con cristales euhedrales granoclasificados; las capas de halita poseen niveles de orden centimétrico separados por láminas arcillosas de espesor variable. En algunas zonas, sobre el tramo carnalítico se dispone un tramo halítico ("sales intermedias"), de potencia inferior a 1 m.

La serie continúa mediante un paquete de carnalita de espesor cercano a 12 m; generalmente está integrado por 8 capas de carnalita separadas por niveles de halita y lutitas, las intercalaciones de halita presentan 2 variedades petrográficas transparentes según posean inclusiones o carezcan de ellas, siendo la anhidrita el único sulfato presente. Por lo que respecta a las capas inferiores de carnalita, frecuentemente se encuentran transformadas a silvinita; en ocasiones, este tipo de transformaciones afecta a la totalidad del tramo.

Por encima se dispone una alternancia de halita y lutitas con niveles anhidriticos, cuyo espesor medio está comprendido entre 50 y 75 m; los niveles de halita de 1 a 4 cm., se encuentran separados por niveles de lutitas laminadas. Su sucesión típica es : dolomita+anhidrita, dolomita+anhidrita+halita con inclusiones, halita, halita con inclusiones+anhidrita+dolomita.

El megaciclo culmina con un tramo de lutitas versicolores laminadas cuyo espesor se aproxima a 50 m; contiene paquetes de anhidrita, con dolomita así como niveles arenosos, más frecuentes a techo.

Las 2 únicas paragénesis potásico-magnésicas de la formación evaporítica son silvinita-halita (con anhidrita y polihalita) y carnalita-halita (con anhidrita y dolomita). La ausencia de sulfato magnésico implica una variación en el quimismo del agua marina original, atribuida a 2 posibles procesos : a) reducción del sulfato presente en el agua por acción bacteriana; b) acción

de aguas portadoras de Ca, que provocarían la precipitación de sulfato cálcico, o bien procesos de dolomitización, que producirían la precipitación de dolomita y magnesita. No obstante, BRAITSH (1971) señala la posible precipitación de silvinita-halita a partir de agua marina empobrecida en sulfato magnésico.

En cuanto a la génesis del yacimiento, está relacionada con un mar restringido en el que la intensa evaporación produjo un aumento en la concentración del agua, que provocaría el depósito de las sales. Posteriormente, las deformaciones relacionadas con la orogenia alpina han sido las responsables de la configuración actual; en una primera etapa se desarrollarían cabalgamientos de vergencia meridional y posteriormente, la acción de fallas profundas de dirección NNE-SSO compartimentaría el conjunto en los 3 bloques o sectores ya señalados.

Los trabajos de explotación se realizan subterráneamente mediante el sistema cámara y pilares, con arranque mediante minador continuo. Los tipos de transporte utilizados son muy variados; así, el mineral es transportado por bandas en el interior y por camiones a fábrica, en tanto que el personal se desplaza mediante telesillas y el material, por monocarriles y tractores. Las instalaciones están provistas de sistemas de ventilación primaria y secundaria. En cuanto al alumbrado, se realiza de forma individual de casco.

La producción en 1991 fué de 1.266.294 tm de todo-uno de la que se consiguió 146.733 de cloruro potásico.

5.1.3.2.2.- Calizas

Las calizas eocenas se han empleado con independencia de su composición fundamentalmente para áridos de trituración. Estas calizas son del tipo bioclástico con carstificación y fracturación, intercalándose niveles de calizas micríticas de tonos cremas. La composición química de este tipo de calizas es : CaO entre 55 y 55,2 %, CO₂ entre 42,6 y 42,9 %, SO₂ entre 0,25 y 0,4 %, Fe₂O₃ entre 0,27 y 0,8 %, Al₂O₃ entre 0,08 y 0,3 % y MgO entre 0 y 0,36 %, con un coeficiente de desgaste de "Los Angeles" que oscila entre el 21 y 23 %.

En este tipo de calizas se han inventariado cuatro explotaciones actualmente abandonadas localizadas en el acantilado de Echaury.

5.1.3.2.3.- Areniscas

Se han explotado las "Areniscas de Galar" en zonas donde la cementación es escasa. De esta sustancia se han inventariado cuatro indicios, uno de los cuales se encuentra actualmente en actividad.

Estas areniscas son de gran fino, micáceas alternando con niveles marrones que dificultan su explotación.

Este tipo de areniscas, extraídas en la explotación "Alto del Monte", son utilizadas como áridos naturales dentro del sector de la construcción. La explotación se lleva a cabo mediante talud forzado, con arranque mecanizado, efectuándose el tratamiento en la propia cantera, consistente únicamente en la disgregación de las areniscas con el fin de obtener material suelto de tamaño arena. La producción en 1991 ascendió a 4.150 m³, con perspectivas de disminuir esta producción por el año en curso.

5.1.3.2.4.- Aguas Minero Medicinales

Existen en esta Hoja al menos dos surgencias de aguas minero medicinales situadas en Ibero y en Belascoain.

En el manantial de Ibero manan aguas de naturaleza cloruradas-sódico-cálcicas, a una temperatura de 20°, con un caudal de 250 l/seg.

En el de Belascoain la naturaleza de sus aguas son de tipo bicarbonatadas-sódico-cálcicas, a una temperatura de 25° C, con un caudal de 25 l/seg. Este último manantial posee una planta embotelladora que comenzó a funcionar en 1966.

Además existe un manantial en Echauri del que no se poseen datos hidrogeológicos.

5.2.- HIDROGEOLOGIA

5.2.1.- Descripción de las formaciones

En el presente apartado se realiza una breve descripción desde el punto de vista hidrogeológico de las formaciones diferenciadas en la cartografía hidrogeológica.

En la descripción se atenderá básicamente tres criterios fundamentales: litología, geometría y permeabilidad.

5.2.1.1.- Arcillas, yesos y sales. Facies Keuper.

Litológicamente está formado por arcillas versicolores con intercalaciones de yesos englobando en profundidad importantes masas de sal.

En la hoja existen dos pequeños afloramientos, uno de ellos; en el sector occidental, que forma parte del diapiro de Salinas de Oro situado sobre la falla de Estella. La geometría de este diapiro es a modo de "chimenea salina" con sección circular. El segundo afloramiento, al sur de Iza forma parte del diapiro del mismo nombre. Este diapiro está asociado al accidente de Iza de dirección NO-SE y ha sido definido como diapiro laminar.

La permeabilidad de estos niveles es prácticamente nula en los niveles superficiales al predominar los materiales arcillosos. En profundidad pueden alcanzar cierta permeabilidad por disolución de material salino al contactar con flujos de los materiales permeables encajantes, en tal caso se crearía una salmuera saturada en equilibrio con el agua dulce que la diluye.

5.2.1.2.- Areniscas, calizas arenosas y margas. Campaniense Maastrichtiense.

Litológicamente está constituido por una alternancia de areniscas, calizas y dolomías arenosas y margas.

Solo existe un afloramiento de escasa entidad situado al este de la localidad de Izurzu en el límite occidental de esta Hoja. En la cartografía geológica este tramo corresponde al nivel 6.

Los límites inferior y superior, son imprecisos. La permeabilidad de este conjunto es baja, dado el predominio de materiales margosos de la misma, no obstante aumenta el valor de la permeabilidad en los niveles mas competentes por fracturación de los mismos.

5.2.1.3.- Calizas, calizas dolomíticas y calizas tableadas. Paloceno-Eoceno medio.

Esta unidad agrupa los niveles 7, 8, 9, 10 y 12 diferenciados en la cartografía geológica.

El primer tramo (nivel 7) está constituido por calizas dolomíticas y dolomías blancas y grises muy recristalizadas, con una potencia aproximada de 75 m.

El segundo tramo (nivel 8) está constituido por calizas marrones distribuidas en bancos tabulares y lujosas. La potencia aproximada es de 70 m.

El tercer tramo (nivel 9) constituyen un conjunto de calizas marrones claras nodulosas y tableadas con una potencia aproximada de 130 m.

A techo se sitúa un nivel (10) de escaso espesor que se acuña hacia el SO constituido por calizas arenosas con cantos rodados de cuarzo.

El último tramo (nivel 12) formado por dos bancos calcáreos de unos 100 m. de potencia. Se trata de calizas grises con laminación cruzada dispuestas en bancos de potencia decamétrica.

También se incluye dentro de esta unidad el nivel de calcarenitas (nivel 16) situado a techo del paquete anterior ya que está conectado hidráulicamente a los niveles calcáreos descritos anteriormente.

Litológicamente está formado por calcarenitas arenosas marrones con tendencia tabular muy diaclasadas con rellenos de calcita.

Estos niveles conoran la Sierra Sarvil, y se consideran un cambio lateral de facies de los materiales margosos que se describirán en el siguiente apartado.

La unidad descrita, en conjunto abarca la parte inferior carbonatada del Terciario marino que aflora en la Sierra de Echauri (Sierra del Sarvil) comprendiendo términos entre el Paleoceno y el Bartonense.

Los afloramientos de estos materiales calcáreos presentan una karstificación bien desarrollada lo cual confiere una alta permeabilidad siempre condicionada por la anisotropía en dirección de los conductos kársticos. La permeabilidad también se desarrolla en las zonas fisuradas. Las zonas de cizallamiento dan lugar a áreas fisuradas permeables.

5.2.1.4.- Calizas y margas. Bartonense.

Esta unidad se considera como un cambio lateral de facies de los niveles calcareníticos del techo de la unidad anterior. En la cartografía geológica se corresponden con el nivel 14 diferenciado.

Litológicamente está formado por calizas bioclásticas tableadas en bancos finos, con niveles alternantes de margas arenosas. La potencia es difícil de calcular no obstante se estima mayor del centenar de metros.

Aflora en el sector noroccidental de la Hoja, en Iscarri y en Ricoparte constituyendo la mesa superior de la Sierra Sarvil.

Se ha estimado una permeabilidad media-baja para esta unidad debido a la presencia de los materiales margosos alternantes, los niveles calcáreos alcanzan cierta permeabilidad por fisuración.

5.2.1.4.- Margas y margocalizas. Margas, limolitas y calcarenitas. Margas. Bartonense-Priabonense.

En esta unidad se agrupan formaciones de litologías predominantemente margosas que corresponden a los niveles 11, 17, 22, 24 y 25 diferenciados en la cartografía geológica.

El primer nivel (nº 11) está constituido por margas grises con intercalaciones de niveles de margocalizas. Tiene escaso espesor (≤ 20 m) y se acuña lateralmente hasta desaparecer. Se encuentra intercalado entre los niveles calcáreos superiores de la unidad cartográfica descrita con anterioridad.

El siguiente nivel (nº 17) está constituido por margas grises y limolitas calcáreas que intercalan capas tabulares de calcarenitas. Alcanza una potencia de 60 m. y se sitúa a techo de las calcarenitas de la parte superior de la unidad calcárea.

El nivel 22 diferenciado en la cartografía geológica corresponde a las "Margas de Pamplona" se trata de una serie monótona de margas grises de potencia considerable, con niveles centimétricos de calcarenitas. Incluyen 4 niveles de calcarenitas (nivel 19 en la cartografía geológica) de distinta entidad en cuanto a potencia y extensión que se encuentran aislados en el seno de las margas, desconectados hidráulicamente. También intercalan un nivel carbonatado (nivel 21 en la cartografía geológica) constituido por margas y margocalizas que aflora en el sector occidental de la Hoja con una potencia aproximada de 20 m.

Se estima una potencia media de 400-500 m para este conjunto (Margas de Pamplona) aumentado hacia el norte donde supera los 700 m.

A techo se sitúa un conjunto muy homogéneo de margas grises nodulosas que intercalan niveles centimétricos de niveles de calcarenitas, muy similar a las "Margas de Pamplona", que se ha denominado "Margas de Ilundain" (nivel 25). La potencia de este conjunto oscila entre 300 y 400 m.

Intercala niveles de margas y areniscas calcaréas (nivel 24 en la cartografía geológica) que en conjunto no superan los 50 m. con escaso interés desde el punto de vista hidrogeológico.

Se ha estimado una permeabilidad baja-muy baja para el conjunto de toda la unidad descrita dado el predominio de materiales margosos en la misma, puntualmente los niveles areniscos o calcareníticos que intercala pueden alcanzar cierta permeabilidad en niveles superficiales, prácticamente despreciable.

Entre los dos paquetes margosos definidos se encuentra un nivel de calcarenitas y areniscas de mayor entidad que se describe en el apartado siguiente.

5.2.1.5.- Calcarenitas y areniscas. Bartoniense-Priaboniense inferior.

Esta unidad se sitúa entre los dos paquetes margosos principales definidos con anterioridad (Margas de Pamplona y Margas de Ilundain). En la cartografía geológica corresponde con el nivel 23 diferenciado denominándose Calcarenitas de Gazolaz, equivalentes a las denominadas Areniscas de Cizur por otros autores.

Litológicamente está constituida por niveles de biocalcarenitas marrones con granos de cuarzo que abundan en los tramos basales. La potencia total de cada nivel es muy variable sobrepasando raramente los 50 m.

Se estima una permeabilidad media-baja para estos depósitos, dando los mayores valores en el afloramiento situado al oeste de Cizur Mayor y al norte de Gazolaz.

5.2.1.6.- Calcarenitas nodulosas. Priaboniense.

Esta unidad (nivel 26 en la cartografía geológica) se encuentra dentro de la unidad cartográfica.. y aflora en las proximidades de Belascoain donde alcanzan potencias cercanas a los 50 m. Litológicamente está constituido por un conjunto de calcarenitas (grainstone) y calizas bioclásticas.

Se estima una baja permeabilidad para esta unidad al estar las calcarenitas poco fisuradas y presentar un bajo grado de karstificación. No tiene interés desde el punto de vista hidrogeológico.

5.2.1.7.- Areniscas. Priaboniense.

Esta unidad se ha denominado como Areniscas de Galar (DEL VALLE, 1978) y corresponde al nivel 28 diferenciado en la cartografía geológica.

Litológicamente está constituida por arenas y areniscas de grano fino alternando con niveles limosos y margosos dolomíticos.

Los afloramientos siguen una alineación E-O en el sector suroriental de la Hoja al norte de la Sierra del Perdón. La potencia de este conjunto es del orden de 100 m.

La permeabilidad es media en los niveles mas cercanos a la superficie, al existir una porosidad secundaria originada por la descalcificación de las areniscas que han sufrido los efectos de la meteorización. En profundidad los valores decrecen considerablemente al desaparecer la permeabilidad secundaria citada y encontrarse las areniscas más compactadas.

5.2.1.8.- Arcillas y yesos. Sueviense inferior.

Esta unidad ha sido definida por PUIGDEFABREGAS (1975), como Fm. Yesos de Undiano (nivel 30 en la cartografía geológica).

Litológicamente está formado por margas grises dolomíticas, lutitas rojas, yesos recristalizados y algunos niveles delgados de yesoarenitas. En sondeos aparece como una sucesión rítmica de fangos y anhidritas con depósitos de halita en la parte inferior.

Se dispone por encima de los niveles descritos anteriormente alcanzando potencias de 500 m. Presenta una extensa franja aflorante en el borde meridional de la Hoja.

Se ha estimado una permeabilidad muy baja para este conjunto, al contar las litologías descritas con una porosidad eficaz prácticamente despreciable. Se puede alcanzar de manera puntual y aislada cierta permeabilidad por Karstificación o disolución de las sales (sulfatadas o cloruradas) que contienen.

5.2.1.8.- Arcillas, limos, areniscas y calizas. Arveniense-Ageniense. Arcillas, limos y areniscas. Ageniense-Aragoniense.

En la hoja de Cizur la unidad que se describe agrupa los niveles 37 y 41 diferenciados en la cartografía geológica. La agrupación es fruto de la afinidad litológica y similar comportamiento hidrogeológico que presentan.

Se trata de un conjunto litológico con predominio de los depósitos lutíticos con intercalaciones de escaso espesor de niveles de areniscas.

Corresponden a las facies distales de los depósitos conglomeráticos del Perdón.

En la Hoja presentan pequeños retazos de afloramiento en el borde meridional de la hoja. Adquieren con mayor desarrollo en la Hoja de Puente la Reina.

Hidrogeológicamente se trata de depósitos de muy baja permeabilidad dado el predominio de materiales finos (arcillas y limos) en sus litologías. Los niveles de arenisca que intercalan pueden alcanzar cierta permeabilidad despreciable por la escasa entidad que presentan.

5.2.1.9.- Conglomerados del Perdón Ageniense-Aragoniense.

Los conglomerados de la serie del Perdón presentan dos ciclos "Conglomerados inferiores del Perdón" (nivel 36 en la cartografía geológica) y "Conglomerados superiores del Perdón" (nivel 40 en la cartografía geológica). Desde el punto de vista litológico no presentan diferencias de importancia. Están constituidos por cantos redondeados de caliza y areniscas eocenas y en menor número de cantos de cuarzo, ofita y rocas metamórficas.

Los inferiores afloran en la carretera a Arguiñariz y en la banda que une el Caserío Ipsate con la ermita de Santa Agueda.

Los superiores afloran en el límite meridional de la Hoja constituyendo las estribaciones septentrionales de la Sierra del Perdón con una potencia de varios cientos de metros de espesor.

Los conglomerados de la serie del Perdón alcanzan mayor desarrollo en la Hoja de Puente la Reina donde profundizan bajo la facies distales de los abanicos aluviales.

Se ha estimado una permeabilidad media para toda la unidad. Aunque no existen datos suficientes que permitan calcular valores concretos de permeabilidad y transmisividad, si ha sido posible al menos distinguir diferentes sectores en función de su capacidad para albergar agua y permitir su circulación. En general el alto grado de consolidación de los conglomerados limita considerablemente la existencia de recursos hídricos importantes. No obstante, la presencia de una mayor densidad de fracturación en determinados sectores parece condicionar la existencia de una cierta circulación de agua en los mismos. Esto implica la aparición de procesos de karstificación con disolución de cemento carbonatado en los conglomerados y un aumento de permeabilidad en los mismos.

5.2.1.10.- Cuaternario. Formaciones superficiales

El cuaternario de la Hoja de Cizur está representado fundamentalmente por depósitos fluviales de los ríos Arga y Ararquil, reconociéndose también depósitos de ladera, glaciares y arcillas de descalcificación, estas últimas producto residual del Karst que afecta a la Sierra Sarvil.

A continuación se describen brevemente las Formaciones superficiales de la Hoja de Cizur.

El sistema de terrazas del río Arga en la Hoja está muy bien desarrollado, dando como resultado el reconocimiento de varios niveles de terrazas (niveles 50, 51, 52, 53 y 54 en la

cartografía geológica). En cuanto a las terrazas del río Araquil, cabe señalar la correspondencia que existe con el Arga, en lo que a los niveles más bajos se refiere, puesto que los superiores no aparecen en la superficie de la Hoja.

Están constituido por cantos y gravas de naturaleza calcárea y cuarcítica, con cierto contenido en cuarzo y areniscas. La matriz es arenoso-arcillosa.

La permeabilidad es media-alta por porosidad intergranular.

Los depósitos de fondo de valle (nivel 55) tienen bastante importancia por su representación superficial, sobre todo en el cuadrante SE de la Hoja. La litología de los mismos es muy similar a la de las terrazas en cuanto a elementos groseros, pero la textura difiere al presentar mayor contenido en finos.

La permeabilidad es menor que en los depósitos de terrazas dado el mayor contenido en materiales finos.

Los depósitos de llanura de inundación (nivel 60) solo se desarrollan en el río Araquil, las características litológicas y texturales son similares a las de las terrazas pero a techo se produce una acumulación de 0,50 - 1,00 m de limos que corresponden a las facies de desbordamiento.

A techo tienen por tanto un carácter prácticamente impermeable aumentando la permeabilidad hacia los niveles más profundos.

Los conos de deyección (nivel 57 en la cartografía geológica) son formas poco frecuentes que se originan a la salida de algunos arroyos y barrancos en su confluencia con otros cursos de rango superior. Su tamaño varía desde un centenar de metros hasta casi un kilómetro de longitud siendo los que aparecen entre Otazu y Larraya en el Caserío de Las Bodegas, los de mayores dimensiones.

Su litología es mayoritariamente fina con niveles de gravas y cantos de caliza y cuarcita. El tamaño de los elementos gruesos es menor; disminuyendo, dentro del mismo depósito, desde la zona apical a la distal. La potencia también varía en el mismo sentido, oscilando entre 5 m, en el ápice, a menos de 1 m. en el borde distal. Los mejores ejemplos se localizan en el valle del Arga donde estos depósitos se instalan sobre las terrazas bajas, interdentándose a veces con ellas. La edad es Holoceno y conviene tener en cuenta que algunos de ellos pueden ser funcionales en épocas de grandes precipitaciones.

La permeabilidad es media-baja ya que pese a estar poco consolidados presentan gran contenido en finos en las zonas distales.

En cuanto a los depósitos coluviales (nivel 58) a excepción de los desarrollados en el cuadrante SO (Vidaurreta, Belascaoin) tienen una extensión muy reducida. Su litología y

textura tienen en común la heterogeneidad y la escasa compacidad, pero cada uno de ellos depende de los materiales de los que se abastece, de la textura de los mismos y de la pendiente de la ladera. De esta forma un coluvión puede estar constituido por una acumulación de bloques con poco material fino (Acantilado de Echaury), mientras otros lo están por una acumulación de material fino con fragmentos angulosos de calizas, dolomías, areniscas o cuarcitas. En general se trata de depósitos poco coherentes con un espesor muy variable.

La permeabilidad es media y puntualmente alta o baja dependiendo del menor o mayor contenido en materiales finos.

Por lo que a los depósitos de piedemonte se refiere el único representante que existe en la hoja es la prolongación natural del piedemonte de la Sierra del Perdón cuyas características del mismo se describen ampliamente en la Hoja de Puente la Reina. La edad que se le atribuye es bastante amplia, Pleistoceno, por suponer que su formación requiere tiempo y por estar desconectado de la red fluvial actual.

Los depósitos poligénicos (glacis) que corresponden al nivel 47 en la cartografía geológica no son muy frecuentes y aparecen en el borde meridional como continuación natural de los depósitos de vertiente de la Sierra del Perdón, también en las laderas este y sur de la Sierra Sarvil y en la esquina NE de la Hoja. Constituyen formas de relieve suave en las zonas bajas de las vertientes de los arroyos secundarios (parajes de Zarrapea, Izabizcar y Estacain).

Están constituidos por cantos y gravas de calizas areniscas o cuarcitas, dependiendo de la litología del área madre, envueltos en una matriz arenosa con limos y arcilla. El tamaño de los cantos varía entre 3-7 cm con un máximo observado de 20 cm. La potencia, no siempre visible, varía entre 1 y 3 m. aunque puntualmente puede ser mayor. En algunos de ellos se desarrolla a techo un suelo rojo más o menos evolucionado.

Se estima una permeabilidad media-alta para estos depósitos por permeabilidad intergranular.

Las arcillas de descalcificación (nivel 46) : De un rojo intenso, constituyen el producto residual de la disolución de los carbonatos y aparecen tapizando el fondo de muchas dolinas, así como rellenando los huecos y cavidades del microrrelieve a que dan lugar las formas menores del karst.

La naturaleza de este material es principalmente arcillosa, como su propio nombre indica, aunque siempre contiene un cierto porcentaje de limo, arena e incluso algunos fragmentos de rocas carbonatadas desprendidas de las paredes de las dolinas. En cuanto a la potencia es difícil determinar debido a la inaccesibilidad del terreno, pero debe suponerse de una gran variabilidad.

La permeabilidad de estos depósitos es muy bajo. No queriendo ello decir que las dolinas sean impermeables, únicamente se refiere al fondo de las mismas.

5.2.2.- Unidades acuíferas

A continuación se definen una serie de unidades que agrupan formaciones hidrogeológicas susceptibles de almacenar y transmitir agua y por tanto constituir acuíferos.

De esta forma se definen 5 unidades con un funcionamiento hidrogeológico independiente, aunque puntualmente se pueden dar conexiones entre diferentes unidades.

- Unidad de Ibero-Echauri
- Areniscas de Cizur
- Areniscas de Galar
- Conglomerados del Perdón
- Formaciones permeables del Cuaternario

5.2.2.1.- Calizas y dolomias del Paleoceno. Eoceno inferior y medio. Unidad de Ibero-Echauri.

Geometría :

Esta unidad limita a la cuenca de Pamplona por el NO, formando los relieves de la sierra de Sarvil (sector NO de la hoja). Pertenece a la Unidad Hidrogeológica de Urbasa, constituyendo el borde suroriental de la misma. La unidad de Urbasa ha sido definida en el Proyecto Hidrogeológico desarrollado entre 1975 y 1977 por la Diputación Foral de Navarra, la Dirección General de Obras Públicas y el Servicio Geológico.

Como se ha apuntado ésta Unidad acuífera aflora en el sector NO de la Hoja constituyendo la Sierra de Sarvil (estribaciones de la Sierra de Andía).

En el resto de la hoja la unidad se sumerge bajo los depósitos del Eoceno medio y superior de naturaleza margosa (margas de Pamplona e Ilundain) prácticamente impermeables.

Funcionamiento Hidrogeológico

La recarga se produce en las áreas donde aflora la unidad por infiltración directa del agua de lluvia. Estas áreas corresponden a las zonas topográficamente masa elevadas del NO de la Hoja (Sierra de Sarvil o Echauri).

La descarga se produce principalmente hacia el sur a través de manantiales que surgen en las cotas inferiores de la superficie aflorante en contacto con materiales suprayacentes

de naturaleza margosa. Destacan los manantiales de Belascoacín, Echauri e Ibero con caudales medios de importancia (Echauri e Ibero 0,25 m³/seg.).

En profundidad (hacia el SE) parece que el paquete carbonatado se encuentra compartimentado en bloques de permeabilidad muy baja, limitados por zonas tectonizadas por las que se mueve de forma preferencial el agua. La falta de información de los sondeos perforados en la Cuenca impide hacerse una idea del régimen general de circulación del agua en este acuífero. En términos generales los flujos adquieren direcciones NO-SE y N-S a partir de las superficies aflorantes del NO de la hoja.

Parámetros Hidrogeológicos

Las transmisividades se han obtenido a partir de los ensayos de bombeo y recuperación en el sondeo de preexplotación Ibero P-2 y a partir de los ensayos de permeabilidad en el sondeo de reconocimiento Ibero R-1. Ambos sondeos fueron realizados y estudiados en el transcurso del Proyecto Hidrogeológico anterioremtne mencionado.

Estos sondeos interceptan la falla de Echauri. En general reflejan que las calcarenitas y calizas del Eoceno son muy compactas, salvo en la zona afectada por la falla que se encuentra relativamente karstificada. El caudal máximo del pozo de preexplotación de 1 l/seg/m. Es muy posible que con otros pozos que corten este sistema de fallas se obtengan caudales similares o incluso superiores. La transmisividad a partir del caudal específico es de 123 m²/día y según los métodos de Gilg-Garvanrd y Jacog de 492 y 585 m²/día respectivamente.

5.2.2.2.- Areniscas de Cizur. Calcarenitas y areniscas del Bartonense-Priabonense inferior.

Geometría :

Esta unidad acuífera corresponde al nivel 23 diferenciado en la cartografía geológica se sitúa entre dos paquetes margosos de espesor considerable (Margas de Pamplona y Margas de Ilundain).

Se trata de areniscas con cemento calcáreo de origen turbidítico que originan las cuestas, de Cizur en la hoja que se describe. Afloran con cierta amplitud al oeste de Cizur Mayor.

Funcionamiento Hidrogeológico

La recarga se produce por infiltración directa de agua de lluvia en las zonas donde aflora. La descarga se produce principalmente en la zona de Gazolaz proporcionando un pequeño caudal constante al barranco de Izabal. Un sondeo realizado en la Urbanización de Cizur proporcionó agua a la misma en la fase inicial.

Parámetros hidrogeológicos

No se tienen datos de parámetros hidrogeológicos en relación con la unidad, en base a ensayos o test hidráulicos realizados en la misma.

En términos generales se estima una permeabilidad media-baja para la unidad dependiendo del mayor o menor grado de cementación de las areniscas. Los valores mayores se dan en niveles superficiales por permeabilidad secundaria por efecto de la disolución del cemento calcáreo.

5.2.2.3.- Areniscas de Galar. Priaboniense.

Geometría :

En la hoja de Cizur las areniscas de Galar afloran al norte y este de la Sierra del Perdón, conformando una franja aflorante situada en el sector meridional de la hoja estudiada. Originan una cuesta en la que se asientan las poblaciones de Muru Astrain, Guendulain y Galar. En profundidad adquieren un desarrollo hacia el Sur bajo los depósitos evaporíticos y conglomeráticos del Sueviense.

Funcionamiento Hidrogeológico

En la franja aflorante de areniscas se ha tratado de explotar el agua, dando resultados negativos. En un sondeo situado 200 m al sur de Galar, se efectuó un ensayo de recuperación que dió un caudal de 3 l/s.

El agua era salobre y no se puso en explotación. Potasas de Navarra, S.A. realizó un estudio en esta formación perforando varios sondeos de investigación llegando a la conclusión de que, en este sector, existe una permeabilidad secundaria originada por la descalcificación de las areniscas en las áreas vecinas a los afloramientos, pero al alejarse de estos y de los procesos de meteorización se encontraba la arenisca compacta y con agua de formación (192 gr/l de salinidad).

Parámetros Hidrogeológicos

No se tiene información procedente de ensayos o test hidráulicos realizados en la unidad acerca de los parámetros hidrogeológicos que la definan.

Al igual que en el caso anterior el elevado grado de consolidación de muchos de los niveles areniscos limita su porosidad eficaz y por tanto su permeabilidad. Se estima una permeabilidad baja para el conjunto de la unidad. Puntualmente puede aumentar dicho valor en zonas donde la consolidación es menor.

5.2.2.4.- Conglomerados del Perdón Ageniense-Aragoniense.

Geometría :

En la Hoja de Cizur los conglomerados de la Serie del Perdón tienen una escasa representación, constituyendo las estribaciones septentrionales de la Sierra del Perdón en el borde suroccidental de la Hoja. Estos afloramientos corresponden en su mayoría a los ápices (facies proximales) de los abanicos aluviales, que conforman los relieves de la Sierra del Perdón. En la vecina hoja de Puente la Reina adquieren un mayor desarrollo.

Funcionamiento Hidrogeológico

En términos generales, las superficies aflorantes de los conglomerados del Perdón constituyen en el sector suroccidental de la Hoja áreas potenciales de recarga, de esta unidad acuífera.

Los afloramientos se encuentran descalcificados por la meteorización, adquiriendo una permeabilidad relativamente alta.

En este sector los conglomerados del ciclo inferior y superior se encuentran en contacto, por lo que teóricamente debería darse una recarga de los inferiores. Este hecho no ha sido confirmado.

Las descargas se producen en el contacto con las facies distales situadas al SE de los conglomerados fuera de los límites de la Hoja.

Parámetros Hidrogeológicos

Aunque no existen datos suficientes que permitan calcular valores concretos de permeabilidad y transmisividad, si ha sido posible al menos distinguir diferentes sectores en función de su capacidad para albergar agua y permitir su circulación. En general el alto grado de consolidación de los conglomerados sobre todo en el ciclo inferior limita considerablemente la existencia de recursos hídricos importantes. No obstante, la presencia de una mayor densidad de fracturación en determinados sectores parece condicionar la existencia de una cierta circulación de agua en los mismos; ésto implica la disolución del cemento carbonatado en los conglomerados y un aumento de permeabilidad en los mismos. Esta permeabilidad debe disminuir en profundidad puesto que el desarrollo de la disolución debe ser menor.

5.2.2.5.- Formaciones permeables del Cuaternario

Geometría :

El cuaternario de la Hoja de Cizur tal y como se ha indicado en la descripción de formaciones está representado fundamentalmente por depósitos fluviales de los ríos Arga y Araquil, reconociéndose también depósitos de ladera, glaciares y arcillas de descalcificación, esta última producto residual del Karst que afecta a la Sierra Sarvil.

Las geometrías son las típicas de los depósitos de terraza, fondos de valles, depósitos aluviales y coluviales, poligénicos, etc.

Funcionamiento Hidrogeológico

La recarga de estos acuíferos aislados se produce por infiltración directa del agua de lluvia o por transferencia de niveles permeables del Terciario con los que contactan actuando como transmisores de los aportes procedentes de dichos niveles, como en el caso de los aluviales asociados al río Arga.

La descarga se produce a través de pequeños manantiales en las áreas de cota inferior a favor del contacto con materiales arcillosos o limosos bien del mismo depósito o bien de los materiales infrayacentes. Hay numerosos pozos, o incluso zanjas de drenaje que explotan directamente los recursos de estas formaciones permeables del Cuaternario. Como es lógico también se dan descargas difusas en los cauces que intersectan dichas formaciones principalmente en el río Arga donde las descargas de los depósitos aluviales son significativas.

Los restantes acuíferos cuaternarios presentan recursos muy limitados debido a su reducida extensión y potencia que implican pequeños volúmenes capaces de almacenar agua. Solamente los glacis y terrazas que reciben una recarga procedente de aguas subterráneas, como las terrazas del entorno de los manantiales de Belascoain, Echauri e Ibero, han permitido captaciones de cierta importancia.

Parámetros Hidrogeológicos

No se han recopilado datos de ensayos o test hidráulicos realizados en estos materiales. De forma general se ha estimado una permeabilidad media-alta para estos depósitos, reduciéndose el valor en los depósitos de fondo de valle, en los conos de deyección y en los depósitos de ladera de la Sierra del Perdón, por un mayor contenido en materiales finos.

5.3.- GEOTECNIA

5.3.1.- **Introducción**

Se ha realizado una cartografía geotécnica de la Hoja nº 141-1 a escala 1:25.000, correspondiente a Cizur.

Para definir las características geotécnicas de los materiales se han consultado numerosos datos de ensayos de laboratorio realizados, en obras y proyectos; que han permitido obtener valores geotécnicos característicos de algunas de las unidades cartográficas.

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

5.3.2.- **Metodología**

Para la realización de la cartografía geotécnica, se han seguido las siguientes etapas:

- Recopilación de los datos existentes

Como se mencionó en la introducción, se han recopilado ensayos de laboratorio, procedentes de obras y proyectos, realizados en Navarra por organismos públicos y empresas privadas.

- Realización de la base de datos

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

- . Identificación y estado (Granulometría, Límites de Atterberg, Densidad y Humedad).
- . Resistencia (C. Simple, PLT, Corte directo)
- . Compactación y deformabilidad (CBR, Proctor Normal).
- . Químicos (Contenido en sulfatos y carbonatos)

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

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

Ha servido para caracterizar geotécnicamente los diferentes materiales.

Se han obtenido valores medios, máximos y mínimos de los diferentes ensayos.

- Zonación en áreas de iguales características

Apoyándose en los datos anteriormente comentados e interpretando las unidades cartográficas, se ha procedido a la zonación en áreas de iguales características (litológicas y geotécnicas).

Hay que señalar que esta zonación se ha realizado en conjunto para las Hojas de Cizur, Pamplona, Puente la Reina y Elorz, con el fin de poder integrar toda la información geotécnica en el Mapa 1:50.000 de Pamplona.

- Obtención de la cartografía

A partir de la cartografía geológica y de los valores de la base de datos; se ha obtenido una cartografía geotécnica.

5.3.3.- Zonación geotécnica

5.3.3.1.- Criterios de división

La superficie de la Hoja se ha dividido en áreas y posteriormente cada área en zonas. El criterio utilizado ya ha sido comentado anteriormente, es fundamentalmente geológico, considerando a su vez, las características geotécnicas similares.

De cada unidad se aportan datos de identificación, estado, resistencia, deformabilidad y análisis químicos.

5.3.3.2.- División en áreas y zonas geotécnicas

En la cartografía se presentan las siguientes áreas :

Area I : Representa los materiales triásicos

Area II : Comprende a los materiales cretácicos

Area III : Comprende los materiales terciarios

Area IV : Se han agrupado los depósitos cuaternarios.

Estas áreas se han dividido en las siguientes zonas :

Area I : Zona I₁

Area II : Zona II₁

Area III : Zonas III₁, III₂, III₃, III₄, III₅, III₆, III₇, III₉, III₁₀ y III₁₁.

Area IV : Zona IV₁

En el Cuadro 1, se presenta la correlación entre las unidades cartográficas y las áreas geotécnicas.

5.3.4.- Características geotécnicas

5.3.4.1.- Introducción

De las materiales que se disponen ensayos se ha realizado una caracterización geotécnica utilizando los criterios que se exponen mas adelante, asi mismo se aportan datos sobre características constructivas, tales como condiciones de cimentación, excavabilidad, estabilidad de taludes y la aptitud como explanada de carreteras.

De los ensayos de laboratorio se han obtenido los siguientes datos :

- Granulometría

Se ha considerado el contenido en finos que presenta el suelo, es decir porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 de la serie ASTM.

- Plasticidad

La clasificación de los suelos cohesivos según su plasticidad se ha efectuado a través del limite líquido y del indice de plasticidad; utilizando la Carta de plasticidad de Casagrande.

- Agresividad

Se ha determinado la agresividad del terreno mediante los siguientes valores:

<u>En la aguas</u>	<u>En el terreno</u>	<u>Agresividad</u>
< 0,03	< 0,2	Débil
0,03 a 0,1	0,2 a 0,5	Fuerte
> 0,1	> 0,5	Muy fuerte

- Expansividad

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

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

- Resistencia, compactación y deformabilidad

Se han agrupado los ensayos de resistencia a compresión simple, resistencia al corte; CBR y Proctor Normal.

La clasificación de los materiales se ha efectuado según los siguientes criterios :

Resistencia según Hock & Bray 1977

Nº	DESCRIPCION	RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE			EJEMPLOS
		Lb/in ²	kg/cm ²	MPa	
S1	Suelo muy blando	< 5	< 0.4	< 0.04	
S2	Suelo blando	5-10	0.4-0.8	0.04-0.08	
S3	Suelo firme	10-20	0.8-1.5	0.08-0.15	
S4	Suelo rigido	20-80	1.5-6.0	0.15-0.60	
S5	Suelo muy rigido	80-150	6-10	0.6-1.0	
R1	Roca muy meteorizada	150-3500	10-250	1-25	Creta,formacione s salinas Carbón, esquistos, limolitas Areniscas, pizarras
R2	Roca moderad.meteorizada	3500-7500	250-500	25-50	
R3	Roca moderad.dura	7500-15000	500-1000	50-100	
R4	Roca dura	15000-30000	1000-2000	100-200	
R5	Roca muy dura	> 30000	> 2000	> 200	

- Consistencia del terreno según NTE. CEG. 1975

Tensión de rotura a compresión simple en Kg/cm² Consistencia

< 0.25	Muy blando
0.25 a 0.50	Blando
0.50 a 1	Medio
1 a 2	Firme
2 a 4	Muy firme
> 4	Duro

- Consistencia en arcillas

Consistencia	Plasticidad			
	Baja Media		Media Alta	
	Cohesión C'kg/cm ²	Angulo de rozamiento	Cohesión C'kg/cm ²	Angulo de rozamiento
Muy blanda	0	20	0	17
Blanda	0	21	0	18
Media	0,05	22	0,5	19
Fina	0,1	22	0,1	20
Muy Fina	0,15	21	0,15	21
Dura	0,25	25	0,25	22

- Compacidad en arenas

<u>Compacidad</u>	<u>Angulo de rozamiento interno ϕ°</u>
Muy suelta	28
Suelta	28-30
Medianamente suelta	30-36
Densa	36-41
Muy densa	> 41

- Indice de calidad de la roca R.Q.D.

De los materiales que se disponen sondeos se ha establecido el índice de calidad de la roca de la siguiente manera :

<u>R.Q.D.</u>	<u>Calidad</u>
0-25 %	Muy mala
25-50 %	Mala
50-75 %	Regular
75-90 %	Buena
90-100 %	Excelente

Hay que señalar, que la caracterización geotécnica de los materiales, que no presentan ensayos de laboratorio, ha sido realizado estimando sus propiedades.

Las características constructivas, se exponen segun los criterios que se expresan a continuación :

- Cimentación

Normalmente se ha utilizado el criterio expuesto en los códigos (Británico y DIN 1054). En suelos y debido a que no se disponen de datos sobre asientos, estos han sido estimados, considerando la consistencia media del terreno.

- Excavabilidad

Los terrenos se han clasificado de acuerdo con la Norma Tecnológica de Edificación : Acondicionamiento del Terreno. Desmontes. Vaciados (NTE-ADV (1976)) en los siguientes grupos : 1) Duro. Atacable con máquinas y/o escarificador, pero no con pico, como terrenos de tránsito, rocas descompuestas, tierras muy compactas, 2) Medio. Atacable con el pico, pero no con la pala, como arcillas semicompactas, con o sin gravas o gravillas, 3) Blando. Atacable con la pala, como tierras sueltas, tierra vegetal, arenas. Cuando e la excavación se encuentran mezclados los terrenos se establece el porcentaje de cada uno de los tres tipos.

- Estabilidad de taludes

En algún caso han sido observados en campo, en otro el análisis de estabilidad es el que se refleja en estudios realizados en la zona.

- Aptitud para explanada de carreteras

Se ha tomado como referencia la Instrucción de Carreteras, Normas de Firmes Flexibles y Firmes Rígid. Se entiende por suelo No Apto aquel que no puede constituir en desmonte ni en terraplén explanadas tipo E-1 (suelos tolerables al menos estabilizado en sus 15 cm. superiores, con CBR de 5 a 10). Marginales son aquellos que cumplen a veces dicha condición; en especial suele referirse a terrenos tolerables, que no conviene que sean explanada directamente. Aptos son terrenos frecuentemente adecuados y seleccionados.

5.3.4.2.- Area I.

- Zona I₁

Localización : Aflora en los límites occidental y septentrional de la Hoja, formando parte de los diapiros de Salinas de Oro e Iza respectivamente.

Características litológicas : Esta zona está exclusivamente constituida por materiales arcillosos, con predominio de tonos rojos y en algunas ocasiones verdes, que presentan intercalaciones de niveles de yesos y sales, en general muy abundantes.

Características geotécnicas : No existiendo reconocimientos geotécnicos, de interés. Se ha observado una alteración variable entre 1 y 2 metros; a partir de esa profundidad o algo superior, los ensayos de penetración suelen dar rechazo.

Según el Mapa Geotécnico para Ordenación Territorial y Urbana de Pamplona a escala 1/20.000 (IGME. Gobierno de Navarra), este tipo de terreno se clasifica según la NTE-CEG, como de consistencia dura, con probables valores de resistencia a compresión simple superiores a 4 kp/cm².

Características constructivas :

. Cimentación

Para un cálculo, a nivel de anteproyecto, se pueden considerar los valores que establecen los diferentes códigos. Así tenemos que según el Código de Práctica Británico establece presiones admisibles entre 1,5-3 Kp/cm² e indica que son de esperar asentamientos de consolidación a largo plazo.

Según la Norma DIN 1054, puede considerarse una presión admisible entre 2,3 y 3 Kp/cm², con asentamientos esperables del orden de 4 cms, este valor se ha obtenido considerando la naturaleza de la arcilla entre semidura y dura, a una profundidad de 2 m y para una zapata corrida con ancho entre 0,5 y 2 m.

Es destacable la posible agresividad del terreno por presencia de sulfatos, esto aconseja la utilización de hormigones especiales.

Asimismo, es importante destacar la presencia de fenómenos de colapso por disolución de sales, por lo que se recomienda efectuar ensayos geotécnicos puntuales.

. Excavabilidad

Los taludes naturales son estables y los artificiales podrán ser inestables con el tiempo, debido al gradual deterioro del material.

Aptitud para explanadas de carreteras

En general son materiales No Aptos.

5.3.4.3.- Area II

- Zona II₁

Localización : Se trata de un pequeño afloramiento de muy mala calidad localizado en el límite centro-occidental de la Hoja, que se encuentra surcado por la carretera que enlaza Echauri con Salinas de Oro.

Características litológicas : Se trata de una alternancia de areniscas, calizas, dolomias arenosas y margas de tonos rojizos, con cuarzos bipiramidales de procedencia triásica.

Características geotécnicas : No se dispone de reconocimientos geotécnicos, además de la escasez de afloramientos, no obstante se ha observado una gran alteración cuya potencia oscila entre 1 y 2 metros profundidad a la que se espera aparezca el sustrato rocoso. Este sustrato es probable que presente una consistencia dura.

Características constructivas :

. Cimentación :

Para un cálculo a nivel de anteproyecto, se pueden considerar los valores que establecen las diferentes Normas y Códigos.

Si se procede a eliminar la zona de alteración, estimada en dos metros, podrá cimentarse con una carga superior a 3 Kp/cm^2 .

. Excavabilidad :

Los primeros metros son fácilmente excavables, considerando como blando, es decir atacable con pala. El sustrato se considera duro, deberá atravesarse con máquina y /o escarificador y eventualmente no será ripable, debiéndose emplear voladuras.

. Estabilidad de taludes :

No se han observado ningún tipo de inestabilidad en los taludes naturales, los artificiales pueden presentar algún problema, debido a las presencia de niveles con distinto grado de alterabilidad, esto puede dar lugar a caídas por desplomes de los materiales más resistentes.

. Aptitud para explanadas de carreteras

Normalmente podrán constituirse explanadas E-3.

5.3.4.4.- Area III

- Zona III₁

Localización : Esta zona ocupa el sector comprendido por la Sierra Sarvil y sus estribaciones meridionales, hasta la prolongación de la Sierra del Perdón.

Características litológicas : En esta zona se han agrupado los materiales carbonatados constituidos esencialmente por dolomias y calizas, presentando pequeñas intercalaciones de margas y margocalizas.

Características geotecnicas : No se dispone de estudios específicos en estos materiales. Las observaciones de campo permiten considerar estas rocas como moderadamente duras, según la clasificación de Hoek & Bray 1977, donde se especifica una resistencia a compresión simple entre 500 y 1000 Kp/cm^2 .

Considerando la clasificación del R.Q.D. esta roca se clasifica entre las categorías Media y Buena, con eventuales zonas Muy Malas (RQD : 0-25 %).

Cualquier estudio de detalle que precise la definición geomecánica del macizo rocoso, deberá proceder a una caracterización de las discontinuidades.

Características constructivas :

. Cimentación :

De acuerdo con los valores de las Normas y Códigos, se puede establecer, con carácter orientativo presiones admisibles del orden de 10 Kp/cm².

Deberá prestarse atención, a las zonas con posibles fenómenos carsticos.

. Excavabilidad :

En general no son ripables, debiéndose emplear las voladuras para su excavación.

. Estabilidad de taludes :

La estabilidad de los taludes artificiales, estará condicionada al grado de fracturación y disposición de las juntas.

. Aptitud para explanadas de carreteras

Se podrán constituir explanadas E-3, recomendándose rellenar con hormigón H-50, las posibles irregularidades del terreno.

- Zona III₂

Localización : Estos materiales se localizan esencialmente en dos zonas concretas. Una de ellas forma parte de los tramos superiores de la Sierra Sarvil y la otra en el sector de Gazolaz.

Características litológicas : Se trata de un conjunto de materiales calcareníticos, con un contenido en material detrítico variable. Presentan intercalaciones de niveles de margo calizas.

Características geotécnicas : Su comportamiento geomecánico viene ligado, a la alternancia de niveles menos resistentes entre niveles duros.

En general se pueden considerar resistencias medias del orden de 250 Kp/cm², que clasificaría la roca como moderadamente meteorizada.

Las observaciones de campo permiten considerar valores del R.Q.D. variables entre el 25 % y 90 % es decir rocas que varían su calidad desde malas a buenas.

Características constructivas :

. Cimentación :

Se pueden considerar presiones admisibles variables entre 5 y 10 Kp/cm².

Será importante considerar en el cálculo de la cimentación la posible presencia de niveles menos competentes, entre los más resistentes.

. Excavabilidad :

En general no son ripables, eventualmente aparecerán niveles que podrán excavarse con pala mecánica.

. Estabilidad de taludes :

Normalmente son estables, ocasionalmente pueden aparecer problemas puntuales de inestabilidad, debido a la presencia de niveles margosos de menor competencia que el resto, provocándose caídas de material margoso.

. Aptitud para explanadas de carreteras

Generalmente se pueden obtener explanadas del tipo E-3, en algún caso se deberá añadir material seleccionado.

- Zona III₃

Localización : Su distribución dentro de la Hoja es muy variable, localizándose sus principales afloramientos en los alrededores de Belascoain y en Izcue.

Características litológicas : Está formado por una alternancia de margas, margocalizas y areniscas, distribuidos en bancos centimétricos y decimétricos.

Características geotécnicas : La característica fundamental, es la alternancia de niveles de material resistente con otros más blandos.

El conjunto, puede considerarse con una resistencia que clasificaría el material como suelo muy rígido y roca muy meteorizada, según la clasificación descrita en la metodología.

Si consideramos su R.Q.D. se trataría de una roca de categoría Muy Mala, es decir R.Q.D. entre 0 y 25 %.

Características constructivas :

. Cimentación :

A nivel de anteproyecto; se puede considerar una presión admisible del orden de 3 Kp/cm². Es importante considerar las posibles heterogeneidades que suponen la alternancia de niveles blandos y duros.

. Excavabilidad .

En general son terrenos ripables.

. Aptitud para explanadas de carreteras

Puede constituirse una explanada E-3, precisando la extensión de un suelo seleccionado.

- Zona III₄

Localización : Se extienden por el sector central y septentrional de la Hoja y conforma el relieve alomado y suave de las "Margas de Pamplona".

Características litológicas : Se trata de una serie monótona de margas grises, nodulosas con intercalaciones centimétricas de calcarenitas. En esta región se ha denominado a estos sedimentos como "Margas de Pamplona".

Características geotécnicas : De estos materiales se dispone de una amplia relación de ensayos de laboratorio, además de estar perfectamente caracterizadas en la literatura geotécnica.

De los ensayos recopilados se disponen datos de los niveles sanos y alterados, por lo que haremos referencia a ambos. A continuación se describen los valores más característicos :

CUADRO RESUMEN DE CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

(Margas sanas y alteradas)

Clasificación : CL (Arcillas de baja plasticidad)
Densidad seca (margas sanas) : 1,69-2,6 gr/cm²
Densidad seca (margas alteradas) : 1,70-1,87 gr/cm³
% pasa tamiz N° 200 : 82 %-95 %
Limite liquido : 33-50
Indice de plasticidad : 14-33
Humedad (margas sanas) : 5,5 % - 16 %
Humedad (margas alteradas) : 12 % - 20 %
Contenido en carbonatos (margas sanas) : 20 % - 54 %
Contenido en carbonatos (margas alteradas) : 45 %-52 %
Contenido en sulfatos : Inapreciable (< 0,01)
Densidad Proctor (margas sanas) : 1,62 - 2,14 gr/cm³
Densidad Proctor (margas alteradas) : 1,61 - 2,04 gr/cm³
Humedad óptima (margas sanas) : 9 % - 21 %
Humedad óptima (margas alteradas) : 10,6 % - 18,8 %
Indice C.B.R. (margas alteradas) : 0,8 - 3,7
R. Compresión simple (margas sanas) : 188 - 308 Kp/cm²
R. Compresión simple (margas alteradas) : 1,5 - 4,5 Kp/cm²
R.Q.D. medio : 66 %
Angulo de rozamiento interno (margas alteradas) : 28°
Angulo de rozamiento interno (margas sanas) : 25°
Cohesión (margas alteradas) : 0,05 Kp/cm²
Módulo de deformación (margas alteradas) : 100-200 kg/cm²
Módulo de deformación (margas sanas) : 10.000 Kp/cm²
Coeficiente de Poisson (margas alteradas) : 0,3
Coeficiente de Poisson (margas sanas) : 0,1
Hinchariento Lambe : Marginal

Así mismo, se dispone de datos referentes al nivel de alteración mezclado con materiales cuaternarios (suelo de alteración); cuyos valores de resistencia y compactación se han agrupado con las margas alteradas (S.S.).

Estos ensayos (identificación y estado) se resumen a continuación :

CUADRO RESUMEN DE CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

(Margas alteradas + Materiales cuaternarios)

- Clasificación : CL
- % pasa tamiz N° 200 : 23-89 %
- Límite líquido : 31,2 - 45
- Índice de plasticidad : 14-41,1
- Humedad : 11,2 % - 21,3 %
- Densidad seca : 0,84 - 2,13 gr/cm²
- Contenido en carbonatos : 26-49,6 %
- Contenido en sulfatos : Nulo

A grandes rasgos; se puede decir que se trata de una roca blanda de rápida alteración, lo que favorece la presencia de un perfil de alteración importante que se comparten como suelos de consistencia Firme y dura (Según NTE-CEG 1975); con una expansividad definida como marginal.

Los afloramientos donde se observa la roca sana, presentan un índice de calidad regular, con resistencia bastante elevada.

- Características constructivas

Cimentación :

En función de los valores de la resistencia al corte, resistencia a compresión simple y parámetros de deformabilidad, se han calculado las presiones admisibles, en los términos que establece la Metodología, para los suelos superficiales de alteración de las margas.

Las presiones admisibles calculadas para profundidad de cimentación mínima de 1,5-2 m, que corresponde al nivel superficial reblandecido o saturado, generalmente varían para las margas alteradas (de consistencia muy firme o dura casi siempre) entre 1,3 y 3 kp/cm². En las margas sanas, según los valores orientativos que se dan en el Código inglés pueden considerarse presiones admisibles entre 6 y 10 kp/cm², posiblemente superiores dada en resistencia a compresión superior en muchos casos a los 100 kp/cm² pero que para edificios

habituales suponen valores suficientes. No obstante, como norma general, para edificios altos o cuando se prevean fuertes cargas concentradas, se requerirá un estudio de resistencia y deformabilidad.

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

Con mayor probabilidad la cimentación será de tipo superficial (zapatas o losa) o semiprofunda, mediante pozos. Para edificios bajos, de menos de seis alturas, la cimentación, en general, podrá realizarse mediante zapatas; para alturas superiores se deberá o bien recurrir a losa si la capacidad portante del terreno se sitúa en torno a $1,5 \text{ Kp/cm}^2$, o bien deberán buscarse niveles resistentes mas profundos en cuyo caso se deberá recurrir a cimentación semiprofunda (mediante pozos) siempre que esos niveles se encuentren entre 3 y 6 m. de profundidad. Ocasionalmente, puede ser necesario el empleo de pilotes si el espesor de margas alteradas es superior en el punto considerado. El empleo de losa de cimentación puede ser particularmente adecuado cuando en el área ocupada por el edificio se produzcan variaciones notables en el espesor del horizonte alterado, que den lugar a asentamientos diferenciales inadmisibles si se pretendiera cimentar mediante zapatas aisladas; por otra parte, la cimentación por losa en una solución costosa para edificios bajos (6-8 plantas).

El contenido en sulfatos de los materiales de esta zona es practicamente despreciable por lo no se esperan problemas de agresividad; tampoco de afluencia de agua a las excavaciones.

Entre los problemas de cimentación puede considerarse :

- Variaciones importantes del espesor del horizonte compresible, que dan lugar a asentamientos diferenciales inadmisibles.
- Presencia de niveles de arcillas blandas intercaladas entre margas sanas que pueden causar fenómenos de punzonamiento.
- Presencia de niveles de areniscas no ripables que dificulten la excavación.

Excavabilidad :

Las zonas alteradas son suelos Medios-Duros, fácilmente excavables.

Las margas sanas presentan una ripabilidad variable, entre ripable y no ripable.

. Estabilidad de taludes

Los taludes naturales son estables, únicamente presentan el problema de la alteración de las margas que progresivamente van deteriorando el talud, observándose abundantes acaravamientos. Los taludes artificiales, en las margas alteradas producirán flujos de barro y deslizamientos, mientras que los que se efectuen en margas sanas presentará con el tiempo un deterioro progresivo, así mismo es posible la existencia de cuñas.

. Aptitud para explanadas de carreteras

En general son suelos no aptos, que precisarán la extensión sobre ellos de una explanada mejorada.

- Zona III₅

Localización : Estos materiales se observan en el sector central de la Hoja, en una banda de unos tres kilómetros de afloramiento que se extiende desde Cizur Mayor hasta Belascoain.

Características litológicas : Está formado por un conjunto homogéneo de margas grises nodulosas, con intercalaciones centimétricas de niveles de calcarenitas. Presentan algún pequeño nivel de anhidrita y sepiolita en el muro de esta formación. Esta unidad se ha denominado "Margas de Ilundain".

Características geotécnicas : Al igual que las "Margas de Pamplona", estos niveles se encuentran bien caracterizados dado que se disponen de numerosos ensayos.

El comportamiento geotécnico es similar al de las "Margas de Pamplona", por este motivo los criterios constructivos son los mismos que se comentaron para la Zona III₄.

No obstante se ha optado por diferenciarlas dado que se disponen de ensayos puntuales para la caracterización geotécnica, además de atender a criterios morfológicos y litológicos.

Los ensayos que se han consultado se resumen a continuación :

CUADRO RESUMEN DE CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

Clasificación : CL (Arcillas de baja plasticidad)

Densidad seca : 1,80 - 2,4 gr/cm³

% pasa tamiz N° 200 : 29 % - 98 %

Limite líquido : 33-47

Indice de plasticidad : 13-32

Humedad : 8,3 % - 13,5 %

Contenido en carbonatos : 29 % - 44 %

Contenido en sulfatos : 0,08 - 43,7 %

Densidad Proctor : 1,64 - 1,9 gr/cm³

Humedad óptima : 10,7 - 21,6 %

Indice CBR : 7

R. Compresión simple : 22

Angulo de rozamiento interno : 42°

Cohesión : 1,35 Kp/cm²

Hinchamiento Lambe : No crítico

Se trata de una roca blanda de rápida alteración, lo que facilita que presente un importante perfil de alteración y que se comporte como un suelo de consistencia firme y dura (según NTE-CEG. 1975) con la expansividad definida como no crítica.

Características constructivas :

Cimentación :

En función de los valores de la resistencia al corte, resistencia a compresión simple y parámetros de deformabilidad, se han calculado las presiones admisibles, en los términos que establece la Metodología, para los suelos superficiales de alteración de las margas.

Las presiones admisibles calculadas para profundidad de cimentación mínima de 1,5-2 m, que corresponde al nivel superficial reblandecido o saturado, generalmente varían para las margas alteradas (de consistencia muy firme o dura casi siempre) entre 1,3 y 3 kp/cm². En las margas sanas, según los valores orientativos que se dan en el Código inglés pueden considerarse presiones admisibles entre 6 y 10 kp/cm², posiblemente superiores dada en resistencia a compresión superior en muchos casos a los 100 kp/cm² pero que para edificios habituales suponen valores suficientes. No obstante, como norma general, para edificios altos o cuando se prevean fuertes cargas concentradas, se requerirá un estudio de resistencia y deformabilidad.

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

Con mayor probabilidad la cimentación será de tipo superficial (zapatas o losa) o semiprofunda, mediante pozos. Para edificios bajos, de menos de seis alturas, la cimentación, en general, podrá realizarse mediante zapatas; para alturas superiores se deberá o bien recurrir a losa si la capacidad portante del terreno se sitúa en torno a $1,5 \text{ Kp/cm}^2$, o bien deberán buscarse niveles resistentes más profundos en cuyo caso se deberá recurrir a cimentación semiprofunda (mediante pozos) siempre que esos niveles se encuentren entre 3 y 6 m. de profundidad. Ocasionalmente, puede ser necesario el empleo de pilotes si el espesor de margas alteradas es superior en el punto considerado. El empleo de losa de cimentación puede ser particularmente adecuado cuando en el área ocupada por el edificio se produzcan variaciones notables en el espesor del horizonte alterado, que den lugar a asientos diferenciales inadmisibles si se pretendiera cimentar mediante zapatas aisladas; por otra parte, la cimentación por losa en una solución costosa para edificios bajos (6-8 plantas).

En algunos sectores el espesor del horizonte alterado es más reducido. La ejecución de cimentaciones requerirá un acondicionamiento previo del terreno (desmontes) en función de sus condiciones topográficas y el tipo de cimentación más probable será el superficial.

En algunas zonas aparecen cantidades importantes de anhidrita, lo que provoca agresividad a los hormigones.

Entre los problemas de cimentación puede considerarse :

- Variaciones importantes del espesor del horizonte compresible, que dan lugar a asientos diferenciales inadmisibles.
- Presencia de niveles de arcillas blandas intercaladas entre margas sanas que pueden causar fenómenos de punzonamiento.
- Presencia de niveles de areniscas no ripables que dificulten la excavación.

Excavabilidad :

Las zonas alteradas son suelos Medios-Duros, fácilmente excavables.

Las margas sanas presentan una ripabilidad variable entre ripables y no ripables.

. Estabilidad de taludes

Los taludes naturales son estables, unicamente presentan el problema de la alteración de las margas que progresivamente van deteriorando el talud, observándose abundantes acaravamientos. Los taludes artificiales, en las margas alteradas producirán flujos de barro y deslizamientos, mientras que los que se efectuen en margas sanas presentará con el tiempo un deterioro progresivo, asi mismo es posible la existencia de cuñas.

. Aptitud para explanadas de carreteras

En general son suelos no aptos, que precisarán la extensión sobre ellos de una explanada mejorada.

- Zona III₆

Localización : Estos materiales se disponen en una estrecha banda, de unos 300 m, que discurre desde el limite de la Hoja, en Galar; hasta Ubani.

Características litológicas : Aunque es muy difícil de observar, puesto que se encuentra muy alterado, esta constituido por la Formación Evaporítica en la base, que continua con un conjunto de lutitas rojas y lutitas margosas, alternando con depósitos pelíticos y arcillosos, denominado regionalmente como "Margas Fajeadas".

Características geotécnicas : No se disponen de ensayos de laboratorio, además de la escasez de afloramientos.

Las observaciones de campo indican que se trata de unas margas muy alteradas que prácticamente se comportan como un suelo de consistencia media.

Características constructivas :

. Cimentación :

Para un cálculo a nivel de anteproyecto se pueden considerar los valores que establecen las diferentes Normas y Códigos.

Asi el Código de Práctica Británico, establece para este tipo de material una presión admisible entre 1,5 y 3 Kp/cm³, esperándose asientos de consolidación a largo plazo.

Si consideramos la Norma DIN 1054, para una zapata corrida de 0,5 a 2 m. de ancho, se admite la carga admisible entre 1,6 y 3,6 Kp/cm², para una profundidad de 1,5 m.

. Excavabilidad

Son materiales fácilmente excavables.

. Estabilidad de taludes

En los taludes naturales se han observado numerosos fenómenos de inestabilidad, que dan lugar a deslizamientos del tipo rotacional.

En los taludes artificiales deberán disponerse las medidas correctoras adecuadas.

. Aptitud para explanadas de carreteras

En general, son suelos no aptos, que precisarán la extensión sobre ellos de una explanada mejorada.

- Zona III₇

Localización : Estos materiales se sitúan a techo de la unidad descrita anteriormente; aflorando prácticamente en los mismos sectores.

Características litológicas : Se han denominado "Areniscas de Galar" y están formados por un conjunto de arenas y areniscas de grano fino, alternando con niveles limosos y margosos dolomíticos.

Características geotécnicas : No se disponen de ensayos de laboratorio que permitan caracterizar el material.

Las observaciones de campo permiten considerar a estas rocas de resistencia moderada ($q_u = 200-600 \text{ Kp/cm}^2$). Según HOEK & BRAY, su descripción correspondería a una roca moderadamente dura.

Cualquier estudio de detalle que precise la definición geomecánica del macizo rocoso deberá atender a la caracterización completa de las discontinuidades (orientación, continuidad, espaciado, abertura, relleno, rugosidad), con especial atención a la localización de zonas laminadas o intercalaciones margosas.

Características constructivas :

. Cimentación :

De acuerdo con los valores orientativos que dan la norma DIN 1054 y el Código de Práctica Británico, pueden considerarse, también con carácter orientativo, presiones admisibles del orden de 20 Kp/cm².

Para edificios habituales, con cargas máximas de unos 3-4 Kp/cm², la resistencia del terreno es suficiente.

. Excavabilidad

La ripabilidad de los materiales vendrá condicionada por la fracturación, siendo en general no ripables.

. Estabilidad de taludes

Los taludes naturales son estables, mientras que en los artificiales la estabilidad viene condicionada por el diaclasado y disposición de los estratos.

. Aptitud para explanada de carreteras

Pueden constituir explanada tipo E-3.

- Zona III_g

Localización : Esta unidad aflora en el sector meridional de la Hoja, en general se encuentran muy cubiertos por los derrubios de los materiales que forman la Sierra del Perdón.

Características litológicas : Está formado por margas grises dolomíticas, lutitas rojas y yesos recristalizados. Regionalmente a ésta unidad se la denominan "Yesos de Undiano".

Características geotécnicas : No se dispone de ensayos de laboratorio que permitan caracterizar el material. Las observaciones de campo permiten considerar al conjunto de estos materiales como de resistencia baja, que hace que se comporten prácticamente como un suelo.

Es frecuente observar fenómenos de deslizamientos que ligado a la disolución de los yesos, hace que sea un material con características geotécnicas muy problemáticas.

Es importante resaltar los mencionados problemas de disolución de los yesos, además de la notable agresividad tanto del terreno como de las aguas superficiales que por él circulan.

Características constructivas :

. Cimentación

Para un cálculo a nivel de anteproyecto, se pueden considerar los valores que establecen los diferentes códigos.

Así tenemos que el Código de Práctica Británico admite, en este tipo de terreno, una presión admisible entre 1,5 y 3 Kp/cm, esperándose asientos de consideración a largo plazo.

La norma DIN 1054, indica una presión admisible entre 1,5 y 3 Kp/cm², para una zapata corrida de 0,5 a 2 m de ancho y una profundidad de 2 m.

Como se ha señalado anteriormente será importante tomar medidas contra la agresividad del terreno.

. Excavabilidad

Son materiales fácilmente ripables.

. Estabilidad de taludes

Se han observado fenómenos de inestabilidad en las laderas que dan lugar a deslizamientos.

. Aptitud para explanada de carreteras

No son materiales aptos, precisarán la extensión sobre ellos de una explanada mejorada.

- Zona III₁₀

Localización : Esta unidad se puede observar en dos afloramientos situados en las proximidades del Monte Ipasate y en la carretera de Arguiñariz.

Características litológicas : Están constituidas por los conglomerados con cantos redondeados de caliza, areniscas y menos abundantes de cuarzo, ofitas y rocas metamórficas.

Características geotécnicas : No se dispone de ensayos en este tipo de materiales.

La característica principal, es su elevada cementación, lo que hace que se comporten como una verdadera roca.

Las observaciones de campo permiten identificar esta roca como de dureza elevada.

Cualquier estudio de detalle que precise la definición geomecánica del macizo rocoso deberá atender a la caracterización completa de las discontinuidades.

Características constructivas :

. Cimentación :

De acuerdo con los valores orientativos que de la norma DIN 1054 y el Código inglés, se pueden alcanzar presiones admisibles superiores a 10 Kp/cm².

. Excavabilidad

Son materiales no ripables, debiéndose emplear explosivos para su excavación.

. Estabilidad

Los taludes naturales son estables, la estabilidad de los artificiales vendrá condicionada por sus discontinuidades.

. Aptitud para explanada de carreteras.

Se podrá conseguir una explanada E-3.

- Zona III₁₁

Localización : Se trata de un pequeño afloramiento situado en la vertiente meridional del Monte Ipasate.

Características litológicas : Está compuesto por una sucesión de arcillas, limos y areniscas con pequeños niveles de conglomerados calcáreos.

Características geotécnicas : Se trata, en general, de un conjunto de materiales de fina granulometría, es decir abundan las arcillas y limos.

De las arcillas se dispone de ensayos de laboratorio, cuyas características se resumen a continuación :

CUADRO RESUMEN DE CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

Clasificación : CL (Arcillas de baja plasticidad)

Densidad seca : 1,08 - 1,75 gr/cm³

% pasa tamiz N° 200 : 67 - 96 %

Límite líquido : 20,7 - 50 %

Índice de plasticidad : 5,3 - 32,6

Humedad : 11,2 % - 20,8 %

Contenido en carbonatos : 39,1 - 47 %

Contenido en sulfatos : Inapreciable

Densidad Proctor : 1,84 gr/cm³ - 1,90 gr/cm³

Humedad óptima : 12,6 % - 13,8 %

Índice CBR : 3,1 - 13

R. Compresión simple : 1,75 - 2,46 Kp/cm²

Módulo de deformación : 100 Kp/cm²

Coefficiente de Poisson : 0,3

Angulo de rozamiento interno : 25°

Cohesión : 0,1 Kp/cm²

Coefficiente Lambe : No crítico

En general se trata de arcillas de consistencia Dura y de baja plasticidad.

Características constructivas :

. Cimentación

Con los valores que se disponen de ensayos de laboratorio y aplicando los diferentes Códigos y Normas, se puede ejercer cargas admisibles entre 1,5 y 3 Kp/cm², esperandose asientos de consolidación a largo plazo.

. Excavabilidad

Son materiales facilmente excavables.

. Estabilidad de taludes

No existen afloramientos para poder precisar su comportamiento.

En taludes artificiales se puede producir un deterioro progresivo del talud.

. Aptitud para explanadas de carreteras

En general no son aptos, debiéndose proceder a mejorar la explanada con la extensión de material seleccionado.

5.3.4.5.- Area IV

- Zona IV₁

Localización : Se encuentran distribuidos por todo el ambito de la Hoja, aunque adquieren un mayor desarrollo a lo largo del rio Arga y del rio Araquil.

Características litológicas : Litológicamente los materiales de edad cuaternaria que afloran en esta Hoja; estan formados en una gran parte por los sedimentos detríticos, conglomerados, arenas, limos y arcillas que conforman los aluviales de los rios Arga y Araquil. Ademas existen grandes extensiones de material coluvionar.

Características geotécnicas : Como se ha descrito anteriormente, se han agrupado dentro de esta zona todos los depósitos cuaternarios, denominandose en la cartografía como cuaternario indiferenciado, del que se dispone de un buen número de ensayos y cuyo resumen es el siguiente :

CUADRO RESUMEN DE CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

Clasificación : Variables (GM, G, C, SC y CL)

Densidad seca : 1,54 - 2,57 gr/cm³

% pasa tamiz N ° 200 : 19 % - 97 %

Limite líquido : 20 - 56

Indice de plasticidad : 4 - 31

Humedad : 10 % - 24 %

Contenido en carbonatos : 0,04 % - 51,3 %

Contenido en sulfatos : Inapreciable - 0,04

Densidad Proctor : 1,68 - 1,98 gr/cm³

Humedad óptima : 9,2 % - 20,2 %

Indice CBR : 15 - 25

R. Compresión simple : 0,34 - 4,52 Kp/cm²

Hinchamiento Lambe : 0,11 - 0,36

Son materiales muy variables litológicamente con diferentes grados de compacidad y resistencia.

Características constructivas :

. Cimentación :

Existe una amplia gama de valores en función del subsuelo donde se prevé cimentar.

A falta de ensayos geotécnicos puntuales considerando los valores que aparecen en las diferentes Normas y Códigos se pueden diseñar cargas admisibles variables entre 1 y 5 Kp/cm² dependiendo de que se trate de un limo de consistencia rígida o una grava de compacidad alta.

Igualmente, en los depósitos aluviales, deberá contemplarse, en el momento de diseñar la cimentación, la posición del nivel freático y sus posibles variaciones, que pueden dar lugar a subpresiones sobre las obras de cimentación.

Cuando se trata de depósitos coluviales, se aconseja llevar la cimentación al sustrato rocoso.

. Excavabilidad

En general son todos, fácilmente excavables.

. Estabilidad de taludes

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

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

Por último en material coluvial, se aconseja no sobrepasar los 30°.

Aptitud para explanadas de carreteras

Los depósitos de terraza se consideran entre Aptos y Marginales, los materiales aluviales son marginales y el material que constituye coluviones se considera no apto.

6.- BIBLIOGRAFIA

ADAN DE YARZA, R.

1918

Descripción físico-geológica del País Vasco-Navarro. Geografía General del País Vasco Navarro. t.1., pp. 1-86. 49 fig., 1 mapa geol. 1:800.000, Barcelona

ADARO

1988

Investigación y evaluación de mineral en el área de Javier-Los Pintano.
Informe para Potasas de Subiza, S.A.

ARENAS, C.; PARDO, G.; VILLENA, V.

1990

Las unidades tectosedimentarias del margen septentrional de la Depresión del Ebro en el sector Luesia-Riglos
Geogaceta nº 8
pp. 92-94

AZANZA, B.; CANUDO, J.L.; CUENCA, G.

1988

Nuevos datos bioestratigráficos del Terciario continental de la Cuenca del Ebro
II Congreso Geológico de España, Granada, vol. 1. pp. 261-264.

BARNOLAS, A.; SAMSO, J.M.; TEIXELL, S.A.; TOSQUELLA, J. Y ZAMORANO, M.

1991

Evolución sedimentaria entre la cuenca de Graus-Tremp y la cuenca de Jaca-Pamplona.
I Congreso Grupo Español del Terciario, Libro-Guia Excursión n 1, Vic, 1991, 123 pp.

BARNOLAS, A. Y TEIXELL, A.

1992

La cuenca surpirenaica de Jaca como ejemplo de cuenca de antepais marina profunda con sedimentación carbonática en el margen distal.
Simposio sobre Geología de los Pirineos, III Congr. Geol. de Esp. Salamanca 9 pp.

BERTRAND, L.

1911

Sur la structure géol. des Pyrénées occid. et leurs relations avec les Pyrénées orient. et cent.;
essai d'une carte struct. Pyrén.
Bull. Soc. Géol. France, 4 sér., 11, pp. 122-153, 6 figs., 1 pl., Paris

C.G.S.

1990

Estudio hidrogeológico de la unidad sur. Sector de Subiza-Guirguillano

Informe para el Gobierno de Navarra

CAMARA, P.; KLIMOWITZ, J.

1985

Interpretación geodinámica de la vertientes centro-occidental surpirenaic
Estudios geológicos nº 41 391-404.

CANUDO, J.L.; MOLINA, E.; RIVELINE, J.; SERRA-KIEL, J. y SUCUNZA, M.

1988

Les événements biostratigraphiques de la zona prépyréenne d'Aragon (Espagne), de l'Eocén
moyen a l'Oligocène inférieur.
Rev. de Micropl., 31.

CASTIELLA, J.; SOLE, J. y DEL VALLE J.

1978

Memoria Explicativa de la Hoja 1:200.000. Mapa Geológico de Navarra.
Servicio Geológico, Diputación Foral de Navarra.

CASTIELLA, J.; SOLE, J.; NINEROLA, S.; OTAMENDI, A.

1982

Las aguas subterráneas en Navarra. Proyecto hidrogeológico
Diputación Foral de Navarra, 230 pp.

CAVELIER, C.

1968

L'Eocene superieur et la base de L'Oligocene en Europe occidentale
Memoire du BRGM, Colloque sur L'Eocene.

CIRY, R.

1951

Observations sur le Crétacé de la Navarre espagnole au nord-ouest de Pamplone.
C.R. Acad. Sc., 233, pp. 72-74, Paris.

CIRY, R. y MENDIZABAL, J.

1949

Contribution á l'etude du Cenomanien et du Turonien des confins septentrionaux des provinces de
Burgos, d'Alava et Navarra.
Ann. Hebert et Hang (livre Jub. Charles Jacob). T.7, pp. 61-79

COLOM, G.

1945

Estudio preliminar de las microfaunas de foraminiferos de las margas eocenas y ologocenas de
Navarra.
Est. Geol. nº 2 pp. 33-84. Madrid.

CORPAS, J.R.

1991

Guía de Navarra.

Ed. El Pais-Aguilar, 231 pp., Madrid

CRUSAFONT, M.; TRUYOLS, J.; RIBA, O.

1966

Contribución al conocimiento de la estratigrafía del Terciario continental de Navarra y Rioja

Not. y Com. del IGME, num. 90, pp 53-76.

CHAVEZ, A.; NEURDIN, R.; MAROCCO, J.; DELFAUD, J.

1985

Sedimentary organization of the upper Eocene deep sea fan (Tubiditas de Yesa) of Sangüesa 6th Europ Meeting of Sedimentology IAS-Lleida 84-87.

DEL VALLE, A.

1932

Descubrimiento de la cuenca potásica de Navarra

Notas y comunicaciones del IGME, vol. IV.

DEL VALLE, J.

1993

Acuíferos de la Cuenca de Pamplona

Inédito

DEL VALLE, J. y PUIGDEFABREGAS, C.

1978

Mapa Geológico de España. E. 1:50.000, 2ª ser., Hoja nº 141. Pamplona

IGME

DELFAUD, J.

1969

Essais sur la géologie dynamique du domaine aquitano-pyrénéen durant le Jurassique et le Crétacé supérieur.

Thèse Fac. Sc. Bordeaux, 5 vol., 820 pp.

DONEZAR, M.; ILLARREGUI, M.; DEL VAL, J. y DEL VALLE DE LERSUNDI, J.

1990

Mapas de erosión actual y erosión potencial en Navarra, a escala 1:200.000.

Inst. Suelo y Conc. Parc. de Navarra y I.T.G.E.

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

1992

Actualización del Mapa Geológico de Navarra a escala 1.200.000

Gobierno de Navarra.

FEUILLEE, P.

1964

Sur l'age cénomanien des calcaires á Caprines des Pyrénées basques occidentales.

C.R. Somm. Soc. Géol. France, 1964, 2, pp. 90-92, 1 fig., Paris.

FEUILLEE, P.

1965

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

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

FROUTE J.Y.

1988

Le role de l'accident d'Estella dans l'histoire géologique Cretace superieru a Miocene des Navarra-Alavais.

These. Universite de Pau

GARCIA SIÑERIZ, J.

1943

La cuenca potásica subpirenaica. C.S.I.C. Primera Reunión del Patronato de la Estación de Estudios Pirenaicos.

Agosto 1943, p. 37-52

HERNANDEZ, A.; RAMIREZ, J.K.; RAMIRES DEL POZO, J. y PUIGDEFABREGAS, C.

1987

Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Ser., Hoja nº 3 173 Tafalla.

IGME.

HERNANDEZ SAMPELAYO, P.

1933

El flysch en Yesa, Navarra y Comunicados del IGME.

HOTTINGER, L.

1961

Acerca de las Alveolinas paleocenas y eocenas

N. y C. IGME, nº 64, p. 37, Madrid.

LABAUME, P.

1983

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

These 3 ème cicle, USTL, Momtpellier, 170 p.

LABAUME, P.; MUTTI, E.; SEGURET, M. Y ROSELL, J.

1983

Megaturbidites carbonatées du bassin turbiditique d l'Eocene inferieru et moyen sud-pyrénéen.

Bull. Soc. Géol. France, (6), 25 pp.

LABAUME, P.; MUTTI, E.; Y SEGURET, M.

1987

Megaturbidites : A Depositional Model From the Eoceno of the SW-Pyrenean Foreland Basin Geo-Marine. Letters 7 pp. 91-101.

LABAUME, P., SEGURETE, M. Y SYEVE, C.

1985

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

Tectonics 4 pp. 661-68.

LAMARE, P.

1927

Sur la structure des Pyrénées navarraisses.

C.R. XIV^o Congr. Geol. Intern., T. 2, p. 693-698, Madrid.

LAMARE, P.

1931

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

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

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

1985

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

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

LEON, L.

1972

Síntesis paleogeográfica y estratigráfica del Paleoceno del Norte de Navarra. Paso al Eoceno. Bol. Inst. Geol. Min. España t. 83, pp. 234-241, Madrid.

LEON, L.; PUIGDEFABREGAS, C.; RAMIREZ DEL POZO, J.

1971

Variaciones sedimentarias durante el Eoceno medio en la Sierra de Andia (Navarra)

Acta Geol. Hispanica T. 4, vol. 2, pp. 36-41.

LEON, L.

1985

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

These. Universite de Pou.

MANGIN, J.P.

1965

Le segment Basco-Aagonais d'un Front Sud-Pyrénéen

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

MENDIZABAL (y CINCUNEGUI, M.)

1932

Nota acerca de la extensión del Oligoceno en Navarra

Información de carácter geológico, 2ª Región N. y C. del IGME, núm. 4. pp. 140-142.

MENSUAS, S.

1960

La Navarra media oriental. Estudio geográfico.

Inst. Principe de Viana, Dep. Geol. Aplic. Zaragoza, Serv. Reg. 8, 186, pp., 40 figs. y 25 lámins.

MUTTI, E.; LUTERBACHER, H.; FERRER, J. Y ROSELL, J.

1972

Schemas stratigrafico e lineament. facies del paleog. marino della zona cent. Sudpirenaica tra Tremp (Catalogna) e Pamplona (Nav.).

Mem. Soc. Gel. Ital., 11 : 391-416.

MUTTI, E.; REMACHA, E.; SGAVETTI, M.; ROSELL, J.; VALLONI, R. y ZAMORANO, M.

1985

Stratigraphy and facies characteristics of the Eocene Hecho. Group turbidite systems. South-central Pyrenees.

In : M.D. Milá y J. Rosell eds : 6th European Regional Meeting I.A.S. y Lleida.

ORTI CABO, F.; ROSELL ORTIZ, L. y PUEYO MUR, J.J.

1984

Cuenca evapor. (potásica) surpir. del Eoc. sup. Aportac. para una interpr. depositic. Libro Homenaje a L. Sánchez de la Torre.

Publicaciones de Geología, nº 20. Universitat Autònoma de Barcelona, p. 209-231.

ORTI, F.; SALVANI, J.M.; ROSELL, L.; PUEYO, J.J.; INGLES, M.

1986

Evaporitas antiguas (Navarra) y actuales (Los Monegros) de la Cuenca del Ebro.

Guía de las Excursiones del XI Congreso Español de Sedimentología. Barcelona.

ORTI CABO, F.; SALVANY, M.

1986

Programa de investigación de las formaciones evaporíticas en Navarra. Memoria proyecto. Gob. Navarra Vol. 1, Est. Geol. 121 pp.; Vol. 2 Est. Geoecon., 125 pp., 2 anejos (inédito).

ORTI CABO, F.; PUEYO MUR, J.; ROSELL ORTIZ, L.

1985

La halite du bassin potassique sud-pyrénéen (Eocene supérieur)

Bull. Soc. Geol. France, t.I.

n° 6.

PEÑA, J.L. et al

1984

Geomorfología de la provincia de Teruel

149 pp. Instituto de Estudios Turolenses

PELUG, R.

1973

El diapiro de Estella (traducción de J. GOMEZ DE LLARENA)

Rev. MUNIBE. Soc. Cien. Nat. ARANZADI, año XXV, núm. 2-4 pp. 171-202, San Sebastián.

PLAZIAT, J.C.

1969

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

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

POSUSA

1988

Investigación y evaluación del mineral en el área de Javier-Los Pintano. Trabajo elaborado por ADARO.

Informe interno.

PUIGDEFABREGAS

1975

La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca

Tesis Doctoral. Pirineos, 104

PUIGDEFABREGAS, C. y SOLER, M.

1973

Estructura de las Sierras Exteriores Pirenaicas en el corte del río Gallego (prov. de Huesca).

Pirineos, 109 : 5-15.

RAMIREZ DEL POZO, J.

1971

Bioestratigrafía y microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España (región cantábrica)
Mem. Inst. Geol. M.E. 78 (3 vol.) 357 p., 141 lám., Madrid.

REMACHA, E.

1983

Sand tongues de la Unidad de Broto (Grupo de Hecko) entre el anticlinal de Boltaña y el Rio Osca
(Prov. de Huesca).

Tesis Doct. Univ. Autonoma de Barcelona, 163 p.

REMACHA, E.; ARBUÉS, P. y CARRERAS, M.

1987

Precisiones sobre los límites de la secuencia deposicional de Jaca. Evolución de las facies desde la
base de la secuencia hasta el techo de la arenisca de Sabiñánigo.

Bol. Geol. y Min. 98, pp 40-48.

REMACHA, I. y PICART, J.

1991

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

I Congreso del Grupo Español del terciario, Libro Guía excursión nº 8. V. 117 pp.

RIBA, O. y PEREZ MATEOS, J.

1962

Sobre una inversión de aportes sedimentarios en el borde Norte de la cuenca Terciaria del Ebro
(Navarra)

II Reunión del Grupo Español de Sedimentología. Sevilla.

RIOS GARCIA, J.M.

1948

Diapirismo

Bol. del IGME, T. 60 (20 de la 3ª serie), p. 155-238, 43 fig. 4 plan.

RIOS, J.M.

1963

Materiales salinos del suelo español

IGME, Mem. 64, 161 pp.

RIOS, J.M.; ALMELA, A. y GARRIDO, J.

1944

Datos para el conocimiento estratigráfico y tectónico del Pirineo Navarro

Notas y com. Inst. Geol. y Min. España. 13 (1944) : 141-164; 14 (1945) : 139-198; 16 (1946) : 57-
119.

ROBADOR, A.

1990

Early Stratigraphy

In : Introduction to early Paleogene of the South Pyrenean basin. Field Trip guidebook. I.G.C.P. Project 286 (Early Paleogene Basins). IUGS-UNESCO, Chap. 2.

ROJAS, B.; FERNANDEZ VARGAS, E. y LATORRE, E.

1973

Investigación de la Reserva de Potasas subpirenaicas Enadimsa.

ROSELL ORTIZ, L. y ORTI CABO, F.

1980

Presencia de analcima y observ. diagenét. en la anhidrita basal de la cuenca potás. de Nav. (Eoceno sup., cuenca del Ebro, España).

Rev. Inst. Inv. Geol. Dip. Barcelona, 34: 223-235.

ROSELL ORTIZ, L. y ORTI CABO, F.

1981

The Saline (Potash) Formation of the Navarra Basin (Upper Eocene, Spain).

Petrology. Rev. Inst. Inv. Geol. Dip. Prov. Barcelona, 35 : 71-121.

ROSELL ORTIZ, L. y PUEYO MUR, J.J.

1984

Características geoquímicas de la formación de sales potásicas de Navarra (Eoceno superior).

Comparación con la cuenca potásica catalana. Acta Geol. Hispánica, 19:81-95.

ROSELL, J. y PUIGDEFRABREGAS, C.

1975

The sedimentary evolution of the Paleogene south Pyrenean basin.

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

ROSELL ORTIZ, J.

1983

Estudi petrològic, sedimentològic i geoquímic de la formació de sals potàssiques de Navarra (Eoceno superior).

Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona, 321 p.

RUIZ DE AGONA, M.

1947

Nota preliminar. El Bartonense en la cuenca de Pamplona.

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

SCHUMM, J.

1977

The fluvial system

N.Y. London. Wiley & Sons.

SOLE SEDO, J.

1972

Formación de Mues : Litofacies y procesos sedimentarios

Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias de la Universidad de Barcelona (inédita).

SOLER, M. y PUIGDEFABREGAS, C.

1970

Líneas generales de la geología del Alto Aragón Occidental

Pirineos, 96

SOUQUET, P.

1967

Le Crétace Supérieur sud-pyrénéen en Catalogne, Aragon et Navarre

Thèse Doct. Sc. Nat. Arch. Orig. Centre Docum. C.N.R.S. Nr. 1.351, 488 p., 13 cartes, 86 pl.,

Toulouse 1967 (édit privat., 529, p., 29 pl. Toulouse, 1967).

TEIXELL CACHARO, A.

1992

Estructura Alpina en la transversal de la terminación occidental de la zona Axial Pirenaica.

Tesis Doctoral, Departamento de Geología Dinámica, Geofísica y Paleontología.

Facultad de Geología, Universitat de Barcelona.

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

1990

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

AAPG Annual Convention, San Francisco. AAPG. Bul.

VAN DE VELDE, E.

1967

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

Est. Geol.