



Gobierno de Navarra

Departamento de Obras Públicas,
Transportes y Comunicaciones

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE NAVARRA

ESCALA 1:25.000

HOJA 65-II

VERA DE BIDASOA

MEMORIA

La presente Hoja y Memoria, ha sido realizado por “TECNOLOGÍA DE LA NATURALEZA S.L. (TECNA)”, durante el año 2001-2002, 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

Autores y Colaboradores (TECNA S.L.)

Galán Pérez, G. Cartografía, Memoria e Informática

García de Domingo, A, Cartografía y Memoria

Cabra Gil, P. Geomorfología y Cuaternario

González Lastra, J. Sedimentología

Martínez Torres, L.M. Tectónica

Pesquera Pérez, A. Petrología

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ESTRATIGRAFÍA	4
2.1. PALEOZOICO	5
2.1.1. Devónico-Carbonífero	5
2.1.1.1. Esquistos arenosos y calizas (nivel 59) y niveles de calizas lenticulares (nivel 60). (Formación Elorzuri). Eifeliense-Frasniense.	5
2.1.1.2. Esquistos, pizarras y grauwacas alternantes (nivel 64). Frasnense-Wesfaliense	6
2.1.1.3. Calizas masivas (nivel 65). Frasnense-Namuriense	7
2.1.1.4. Silexitas (nivel 66). Dinantiense	7
2.1.1.5. Calizas tableadas (nivel 67). Fameniense-Namuriense	8
2.1.1.6. Conglomerados (nivel 68). Namuriense-Westfaliense	8
2.1.1.7. Pizarras carbonosas (nivel 69). Estefaniense	9
2.1.1.8. Análisis secuencial del Devónico-Carbonífero	10
2.1.2. Pérmico	10
2.1.2.1. Conglomerados (nivel 70), arcillas rojas (nivel 71). Pérmico	10
2.1.2.2. Análisis secuencial del Paleozoico	11
2.2. MESOZOICO	11
2.2.1. Triásico	12
2.2.1.1. Conglomerados (nivel 101), areniscas rojas y grises (nivel 103), areniscas y arcillas (nivel 104). Facies Buntsandstein. Triásico inferior.	12
2.2.1.2. Arcillas abigarradas y yesos (nivel 105). Triásico inferior.	14
2.2.1.3. Análisis secuencial del Triásico	15
2.2.2. Cretácico	15
2.2.2.1. Conglomerados (25) y Areniscas, limos y arcillas (nivel 151). Albiense	15
2.2.2.2. Calizas con Toucasia (nivel 168). Albiense-Cenomaniense inferior.	17
2.2.2.3. Calizas arcillosas (nivel 169). Cenomaniense-Turonense	18
2.2.2.4. Margas, areniscas y calizas (nivel 170). Turonense-Campanense.	19
2.2.2.5. Análisis secuencial del Cretácico	20
2.3. CUATERNARIO	21
2.3.1. Pleistoceno	21
2.3.1.1. Arcillas rojas (nivel 523). Arcillas de descalcificación.	21
2.3.2. Holoceno	22
2.3.2.1. Bloques y arcillas (nivel 545). Deslizamientos.	22
2.3.2.2. Bloques y Cantos (nivel 547). Avalanchas de bloques.	22
2.3.2.3. Arcillas, arenas y materia orgánica (nivel 541). Áreas endorreicas.	23

2.3.2.4. Bloques, cantos, arcillas y arenas (nivel 543). Coluviones.....	23
2.3.2.5. Cantos, gravas, arenas y arcillas (nivel 527). Fondos de valle.	23
2.3.2.6. Cantos, gravas, arenas y arcillas (nivel 536). Conos de deyección.	24
3. TECTÓNICA.....	25
3.1. CONSIDERACIONES GENERALES	25
3.2. ESTRUCTURAS DEL BASAMENTO PALEOZOICO (OROGENIA HERCINICA).....	27
3.2.1. Descripción de las principales estructuras.....	31
3.3. ESTRUCTURAS DE LA COBERTERA MESOZOICA (OROGENIA ALPINA)	33
3.3.1. Descripción de las principales estructuras.....	34
3.4. CRONOLOGÍA DE LA DEFORMACIÓN.	36
4. GEOMORFOLOGÍA.....	39
4.1. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA	39
4.2. ANTECEDENTES	40
4.3. ANALISIS MORFOLÓGICO.....	41
4.3.1. Estudio morfoestructural.....	41
4.3.2. Estudio del modelado	42
4.3.2.1. Formas de ladera	43
4.3.2.2. Formas fluviales	44
4.3.2.3. Formas kársticas	45
4.3.2.4. Formas poligénicas	46
4.3.2.5. Formas lacustres	46
4.4. FORMACIONES SUPERFICIALES	46
4.5. EVOLUCION GEOMORFOLOGICA.....	49
4.6. PROCESOS ACTUALES	50
5. PETROLOGÍA	52
5.1. ROCAS FILONIANAS	52
5.1.1.1. Cuarzo (nivel 7)	52
5.2. ROCAS ÍGNEAS.....	52
5.2.1.1. Diabasas (nivel 2)	52
5.2.1.2. Ofitas (nivel 1).....	53
5.2.1.3. Basaltos (nivel 44)	53
5.3. METAMORFISMO REGIONAL	54
6. HISTORIA GEOLÓGICA.....	56
6.1. EL CICLO HERCÍNICO.....	56

6.2. EL CICLO ALPINO	57
7. GEOLOGÍA ECONÓMICA	61
7.1. RECURSOS MINERALES.....	61
7.1.1. Minerales metálicos y no metálicos.....	61
7.1.1.1. Hierro	61
7.1.2. Rocas industriales y energéticas.....	61
7.1.2.1. Caliza	61
7.1.2.2. Arenisca	62
7.1.2.3. Carbón.....	62
7.1.3. Interés potencial de los recursos mineros.....	62
7.2. HIDROGEOLOGÍA	63
7.2.1. Introducción	63
7.2.2. Descripción hidrogeológica	63
7.2.3. Acuíferos principales.....	64
7.2.3.1. Albiense	64
7.2.4. Acuíferos secundarios	65
7.2.4.1. Acuíferos aislados del Paleozoico (Devónico y Carbonífero)	65
7.2.4.2. Buntsandstein.....	65
7.2.4.3. Cretácico superior calcáreo	66
7.2.4.4. Cuaternario	66
7.2.5. Funcionamiento hidrogeológico	67
7.3. GEOTECNIA.....	70
7.3.1. Introducción	70
7.3.2. Metodología.....	71
7.3.3. Zonificación geotécnica	72
7.3.3.1. Criterios de división	72
7.3.3.2. División en Áreas y Zonas Geotécnicas.....	72
7.3.4. Características geotécnicas.....	74
7.3.4.1. Introducción	74
7.3.4.2. Área I	85
7.3.4.3. Área II.....	87
7.3.4.4. Área III.....	93
7.3.4.5. Área IV	104
8. BIBLIOGRAFÍA.....	113

1. INTRODUCCIÓN

La Hoja a escala 1:25.000 de Vera de Bidasoa (65-II), es el segundo cuadrante de la Hoja a escala 1:50.000 del mismo nombre: Vera de Bidasoa (65), la hoja más septentrional de Navarra, limítrofe con Francia. La zona central de la Hoja, en una línea imaginaria Este-Oeste está ocupada por la depresión de Vera-Zugarramurdi, flanqueada al Norte y al Sur por materiales carboníferos del Macizo de Cinco Villas.

Estas dos áreas también marcan el contraste topográfico de la Hoja, ya que la zona central del corredor de Vera-Zugarramurdi, ocupada en su zona occidental por el valle del río Zía, y la amplia zona entre la población de Zugarramurdi y la frontera francesa es una zona de relieves suaves y alomados, mientras que las zonas situadas al Norte y al Sur muestran relieves abruptos con pendientes elevadas. El mayor ejemplo de contraste se produce entre la máxima cota de la Hoja, el monte Larún, de 884 mts. en el límite con Francia, y este valle del Zía, que en su confluencia con el río Bidasoa es el punto más bajo de la Hoja, con 60 mts de altitud. En esta zona del monte Larún, los desniveles son muy importantes, ya que en apenas 3 Km de distancia el desnivel es de más de 800 mts, aunque no sea esta la única en la que las pendientes son elevadas. Los terrenos más suaves suelen estar ocupados por tierras de labor, prados principalmente, donde la acción humana impide observar con detalle la geología de la zona. Por el contrario, los terrenos más abruptos, generalmente suelen ir acompañados de una tupida cobertera vegetal, lo que dificulta sobremanera la observación de los posibles afloramientos geológicos.

El río Bidasoa es el principal de la red fluvial en esta Hoja, discurriendo por la esquina suroeste de la Hoja y toda la hoja pertenece a la su cuenca, incluida en la vertiente cantábrica, a excepción del valle de Zugarramurdi, de vertiente norte, en el que la red fluvial esta formada por pequeños arroyos de escaso caudal que entran en la vecina Francia. Esta zona de Zugarramurdi, aunque perteneciente a Navarra, desde el punto de vista topográfico, es una vertiente francesa.

Con sólo dos poblaciones importantes, Vera y Zugarramurdi, la densidad de población es baja, ya que únicamente el corredor de Vera, desde esta población hasta el Collado de Lizuniaga esta ocupado por caseríos y núcleos habitados, en general hacia con mayor densidad hacia el Norte. Por el contrario, hacia el Sur y una vez se

abandona el valle del Zía, la densidad de zonas habitadas desciende considerablemente, especialmente en los montes que se encuentran entre este valle y el valle del río Tximista, en la hoja contigua inferior, donde se asienta la población de Etxalar.

La red de comunicaciones en esta zona fronteriza, aún no siendo especialmente densa y desarrollada, es mejor que en las hojas contiguas, ya que, además de la carretera principal de todo esta zona del Norte de Navarra, la NA-121-A, que comunica Pamplona con Irún siguiendo el curso del río Bidasoa, desde Vera salen dos carreteras que comunican esta zona con Francia, a través de los collados de Lizuniaga e Ibardín. Desde Zugarramurdi, también existen buenas comunicaciones con Francia y la vecina Urdax, donde se encuentra la NA-121-B. El resto de carreteras, o son de menor entidad, como la que conduce de Etxalar a Zugarramurdi, que es la red de comunicación entre esta población las zonas más occidentales de esta Hoja o son pistas y caminos forestales.

Geológicamente, la Hoja se enmarca en el Pirineo Occidental, en su confluencia con el Arco Vasco. A grandes rasgos, el orógeno pirenaico se caracteriza por un cinturón de pliegues y cabalgamientos de orientación E-O, desarrollados entre el Cretácico superior y el Mioceno inferior, como resultado de la convergencia entre las placas Ibérica y Europea, presenta una elevada simetría con respecto a la franja central denominada Zona Axial, integrada fundamentalmente por rocas plutónicas y materiales paleozoicos, que constituyen el zócalo regional. Flanqueando a la zona axial, se disponen las zonas Nor y Surpirenaica, constituidas por materiales mesozoicos y paleógenos, intensamente plegados, que integran la cobertera. Este último dominio cabalga sobre la Depresión del Ebro, cuenca de antepaís rellena por sedimentos neógenos postorogénicos.

En cuanto al Arco Vasco, se sitúa en el extremo oriental de la Cuenca Vasco-Cantábrica, considerada tradicionalmente como un sector marginal de la cadena pirenaica y constituida por materiales mesozoicos y paleógenos moderadamente deformados, que muestran cierta similitud con los de la Zona Norpirenaica. El límite entre el Pirineo Occidental y la Cuenca Vasco-Cantábrica coincide con un accidente transversal a la cadena, de dirección NE-SO, conocido como falla de Pamplona (o de Estella-Elizondo), cuyo reflejo superficial es la alineación de diapiros navarros. Dicho accidente no supone un límite arbitrario, ya que a ambos lados del mismo, se aprecia

una importante variación de las características estratigráficas y estructurales de los materiales aflorantes.

La tectónica de esta zona es sumamente compleja, consecuencia de la superposición de las orogénias hercínica y alpina lo que ha ocasionado la existencia de superposición de pliegues y la fracturación del macizo en grandes bloques, que en esta Hoja se corresponden con los macizos de Larún al Norte y Cinco Villas al Sur separados por el corredor cretácico de Vera.

La cartografía de esta Hoja esta basada en la realizada a escala 1:25.000 por la DIPUTACIÓN FORAL DE NAVARRA en los años 70, la Hoja de Vera de Bidasoa a escala 1:50.000 del plan MAGNA, la cartografía francesa procedente de la "Carte géologique de la France" a escala 1:50.000, "ESPELETTE" (1964), que incluye cartografía de la parte española y los datos cartográficos de distintos estudios. Sobre todas se ha realizado la pertinente actualización cartográfica y geológica sobre la base de criterios estructurales y sedimentarios fundamentalmente.

Son numerosos los trabajos de carácter general que pueden encontrarse en la literatura geológica regional acerca de la Cuenca Vasco-Cantábrica y el Pirineo. De entre los que afectan de forma específica al territorio ocupado por la Hoja, destaca el realizado por HEDDEBAUT (1973), sobre los macizos paleozoicos vascos, en los que dedica especial atención al macizo de Cinco Villas, PESQUERA (1985), más dedicado a la mineralogía, petrología y metalogenia del mismo Macizo y RAZIN (1989), dedicado a al evolución tectosedimentaria del Pirineo Occidental. Estos son los más importantes y en ellos se basarán algunas de los comentarios realizados en esta memoria.

2. ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía de esta Hoja se ha realizado basándose en criterios secuenciales, definiendo unidades tectosedimentarias limitadas por rupturas deposicionales con expresión cuencial. 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.

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

Los materiales aflorantes en la Hoja de Vera de Bidasoa pueden agruparse en tres grandes conjuntos: Paleozoico, Mesozoico y Cuaternario, cuyas características y distribución presentan acusadas diferencias estando totalmente ausentes los depósitos pertenecientes al Terciario.

El Paleozoico aparece representado en el dominio estructural del macizo de Cinco Villas que se prolonga hacia Francia.

Este macizo, se encuentra separado del Macizo de Alduides, por la falla Norpirenaica, presentando, ambos dominios, características litológicas, sedimentológicas y tectónicas diferentes, sin aparente correlación estratigráfica.

El Triásico, está constituido por un conjunto de areniscas en facies "Buntsandstein", con un nivel en el techo de arcillas yesíferas y un nivel carbonatado en facies "Muschelkalk", faltando el nivel de arcillas yesíferas que representan las facies "Keuper".

El Cretácico está formado por los niveles calcáreos con construcciones de rudistas del Albiense, en facies urgonianas, culminando el Cretácico inferior en los niveles detríticos pizarrosos del Albiense superior-Cenomaniense. El Cretácico superior, esta constituido por un conjunto de areniscas alternando con arcillas calcáreas. Niveles en los que culmina la serie mesozoica en esta región.

2.1. PALEOZOICO

Los materiales paleozoicos aflorantes en esta Hoja se asocian a los al macizo estructural del macizo de Cinco Villas. Se extiende en dos grandes áreas, al Norte y sur de la Depresión de vera-Zugarramurdi en afloramientos muy poco visibles y en general con una gran monotonía litológica.

2.1.1. Devónico-Carbonífero

2.1.1.1. Esquistos arenosos y calizas (nivel 59) y niveles de calizas lenticulares (nivel 60). (Formación Elorzuri). Eifeliense-Frasniense.

Los afloramientos de esta unidad se extienden al sur del corredor de Vera, en la zona sureste de la hoja y aparecen cabalgantes sobre las unidades inmediatamente superiores del Carbonífero. Los afloramientos son de escasa calidad, y únicamente en algunos cortes de la pista asfaltada de Etxalar a Zugarramurdi y en otros cortes de pistas forestales puede apreciarse las características de estos materiales.

Estos niveles han sido incluidos en la “Formación Elorzuri” dentro del Grupo Bertiz. Está formado por un conjunto de esquistos arenosos y margosos, observándose en la base pizarras margosas en bancos de unos 10 cm, alternando con niveles de calizas oscuras muy recristalizadas, margas y pizarras arcillosas y arenosas.

Estos niveles contienen estructuras “flasers” y nódulos arcillosos, intercalados en estos niveles esquistosos y hacia los tramos centrales de este conjunto se observan intercalaciones de niveles calcáreos de hasta 60 m de espesor (nivel 60).

La datación de estos niveles se ha efectuado en la realización de la Hoja MAGNA de Sumbilla (Nº 90) y Vera de Bidasoa (Nº 65), estando basada tanto en macrofauna como en microfauna: Paraspirifer cultrijugatus, Subcuspidella crassiflucita, Alatiformia cf dorsocava, Schizophoria cf schnuri, Polygnathus cf latus, WITTEKINDI; P. Linguiformis linguiformis, HINDE; P. Varcus, STAUFFER; P.pennatus; HINDE; Schmidtnathus wittekindti ZIEGLER, que indican una edad comprendida entre el Eifeliense superior, Givetiense e incluso parte del Frasnense

El espesor total de esta formación es del orden de 800 m, depositándose en un ambiente de plataforma marina somera mixta, terrígeno-carbonatada.

2.1.1.2. Esquistos, pizarras y grauwacas alternantes (nivel 64). Frasniense-Westfaliense

Es la unidad paleozoica con mayor superficie de afloramiento, observándose tanto al Norte como al Sur de la depresión de Vera-Zugarramurdi, pudiéndose observar con nitidez en los primeros kilómetros de la carretera de Ibardín o en la pista de acceso al monte Larún, así como en otras pistas de esta zona montañosa. Al sur del corredor de Vera, los mejores afloramientos, aparecen también en cortes de vías de comunicación, en aquellos puntos donde el frecuente desarrollo de coluviones permite la visibilidad de estos materiales.

Se trata de una monótona alternancia rítmica entre esquistos y grauwacas en facies "Culm", cuya potencia puede llegar a los 1000 m, que corresponden a subarkosas con matriz sericítica cementada por óxidos de hierro, con biotita alterada a clorita. El techo de este conjunto se encuentra afectado por una discordancia de carácter regional que separa esta unidad de la inmediata superior.

Los niveles de pizarras, se encuentran en general poco metamorfizados, aunque se reconoce un metamorfismo creciente de oeste a este

Los niveles areniscosos presentan granoselección positiva, laminación paralela en la base y, ocasionalmente, "ripples" a techo; esporádicamente aparecen tramos de "slumping" y "debris-flow". Su depósito presenta carácter turbidítico, con inclusión de olistolitos carbonatados procedentes de las plataformas carbonatadas namurienses, en la base de la serie. Estas turbiditas son de tipo talud, asimilables a un sistema turbidítico de tipo III (MUTTI, 1985)

Se han datado por restos fósiles entre los niveles calcáreos que se sitúan en el intervalo Devónico superior-Westfaliense.

2.1.1.3. Calizas masivas (nivel 65). Frasnense-Namuriense

De esta unidad se reconocen en la cartografía dos afloramientos formando un resalte morfológico. El situado más hacia el Norte, en la zona de Gorostiaga junto a la carretera de Ibañeta, es un afloramiento en el que la existencia de una antigua cantera permite la observación detallada de sus características. El segundo, situado al sur del corredor de Vera, se localiza en el collado entre los montes de Santa Bárbara y Sorako Gaina y apenas puede observarse a partir de unos pocos y pequeños resaltes sobre la topografía muy antropizada que aparece a su alrededor.

Esta unidad constituyendo un importante cambio litológico en la serie paleozoica, con la intercalación de diversos términos carbonatados en el muro de los términos detríticos ya descritos. Presentan una amplia distribución así como un espesor del orden de 500 m.

Se trata de un conjunto de calizas masivas de color blanco a gris azulado, recristalizadas, con aspecto marmóreo. El tránsito con los niveles pizarrosos se realiza de una forma transicional, con intercalaciones de niveles pizarrosos.

En estos tramos calcáreos se ha encontrado abundante fauna muy diversa, entre ella: *Palmatolepis gracilis gracilis*, *Palmatolepis* sp., *Acodina delata*, *Spathognathodus* sp., *Ligonodina* sp., *Nothognathella* sp., *Lonchodina* sp., *Icriodus* sp., que asignan una edad comprendida entre Fameniense y el Namuriense

Sedimentológicamente, se asocian a depósitos de plataforma, con aportes detríticos esporádicos. Aunque ocasionalmente aparecen niveles que indican presencia de organismos constructores como corales y briozoos, no hay evidencia de formaciones arrecifales

2.1.1.4. Silexitas (nivel 66). Dinantiense

En la zona de Lakain, se ha observado un nivel de silexitas negras, muy delgado y muy tectonizado que apenas puede seguirse con nitidez

Aunque es muy difícil observar sus características para obtener datos sobre su origen posiblemente se trate de un nivel originado por la diagénesis y silicificación de tierras con altos contenidos de diatomeas y radiolarios.

2.1.1.5. Calizas tableadas (nivel 67). Fameniense-Namuriense

Sus afloramientos se distribuyen en la parte central y sur de la Hoja, en concreto en la zona de Lakain. Aparecen por encima del nivel de silexitas anterior y son afloramientos que aparecen debido a la presencia de distintas fracturas que limitan los afloramientos por el Norte. La mejor zona donde observar las características de esta unidad, se localiza en la hoja inferior, Etxalar, aunque ya en el límite con esta de Vera y en continuidad espacial.

Se encuentran intercaladas entre los esquistos que constituyen la gran masa litológica aflorante en esta región. Se trata de intercalaciones calcáreas lenticulares (micritas muy recristalizadas), con una potencia que no supera el centenar de metros, de tonos oscuros o grises, de aspecto tableado, distribuidas en bancos finos, normalmente con estratificación ondulada y con intercalaciones de niveles de esquistos

La fauna recogida en este nivel, le asigna una edad similar a la descrita para las calizas masivas, es decir Fameniense-Namuriense.

2.1.1.6. Conglomerados (nivel 68). Namuriense-Westfaliense

Los afloramientos de esta unidad se encuentran muy dispersos entre los materiales pelíticos de la unidad 64. Su observación resulta complicada cuando no forman un resalte o aparecen en cortes de vías de comunicación. La mayor profusión de estos afloramientos se produce en la zona de Igentze Gaina, al suroeste del monte Ibantelly, donde aparecen varias alineaciones de estos conglomerados. Al Norte del corredor de Vera, apenas se observan afloramientos: únicamente en la cabecera del río Zía, próximo ya el collado de Lizuniaga, se aprecian tres niveles de conglomerados de dirección aproximada ENE-OSO. Por último es de reseñar por su fácil acceso y visibilidad, aunque sea un pequeño afloramiento, un nivel de conglomerados que aparece a la salida de la población de Vera en dirección al collado de Lizuniaga.

La distribución geográfica de estos conglomerados es muy irregular, no observándose tampoco un nivel estratigráfico preferente de sedimentación, sino que se encuentran distribuidos aleatoriamente por la serie estratigráfica. Su espesor es así mismo muy variable, con espesores medios entorno a 10 m.

La naturaleza fundamental de estos conglomerados son fundamentalmente de cuarzo, cuarcitas blancas, pizarras y lilitas negras, heterométricos, con un tamaño que oscila entre 0,3 y 1 cm, unos muy redondeados y otros de aspecto bréxico. Los cantos aparecen elongados en dirección de la esquistosidad, indicando crecimientos diagenéticos estructurales. La matriz es areniscosa y pelítica, ocasionalmente puede contener microconglomerados

La naturaleza detrítica de este nivel no ha permitido datarlo, aunque teniendo en cuenta su posición estratigráfica se puede encuadrar dentro del Namuriense-Westfaliense.

2.1.1.7. Pizarras carbonosas (nivel 69). Estefaniense

Aflora exclusivamente en el monte Ibantelly, por encima de los materiales carboníferos del nivel 64. Son afloramientos de muy mala calidad, situados en zonas ausentes de coluviones o zonas antropizadas, en los que apenas pueden observarse con claridad su litología y estructura, aunque se observa discordante sobre el tramo anterior.

Se trata de una monótona serie de pizarras negras oscuras con delgadas intercalaciones de niveles de carbón que se han explotado esporádicamente en numerosos lugares dentro de la Hoja, aunque normalmente presentan una gran cantidad de elementos sulfurosos que no favorecen su explotación. A techo se observa un nivel de cuarcitas de tonos verdosos o amarillentos.

El espesor de este conjunto es del orden de 25 m, aunque debido a su carácter litológico y posición estratigráfica, afectada tanto en el techo como en el muro por sendas importantes discordancias, que dificultan su conservación. Es el caso de los afloramientos de Ibantelly donde el espesor no puede concretarse con exactitud, pero en cualquier caso, menor de 25 m.

La datación de este nivel, se ha realizado mediante la determinación de restos de flora. La hoja a escala 1:50.000 de Vera de Bidasoa, cita la presencia de *Sigilaria* sp., *Pecopteris* aff. *Polymorpha*, *Pecopteris* cf. *Candolleana*, *Neuropteris* cf. *Ovata*, *Cordaites principalis*, que datan a esta unidad como Estefaniense.

2.1.1.8. Análisis secuencial del Devónico-Carbonífero

En esta zona del macizo de Cinco Villas es difícil establecer con precisión secuencias deposicionales ya que únicamente se identifica una única macrosecuencia, que comienza por el desarrollo de plataformas carbonatadas a las que sigue un cambio paleogeográfico importante, con instalación de aparatos turbidíticos en cuyos episodios iniciales se produce el desmantelamiento de las plataformas carbonatadas namurienses.

2.1.2. Pérmico

En contraste con la serie devónico-carbonífera, el registro pérmico está representado tan solo por pequeños afloramientos de materiales detríticos, representantes de los primeros episodios del ciclo alpino.

2.1.2.1. Conglomerados (nivel 70), arcillas rojas (nivel 71). Pérmico

Se trata del registro posthercínico más antiguo, disponiéndose discordantemente sobre el sustrato paleozoico. Está constituido por un conjunto de arcillas-limolíticas en el que se intercalan niveles de conglomerados y brechas polimícticas (nivel 70), con mayor presencia en las zonas basales de la serie. En su techo se observa una nueva discordancia sobre la que se disponen los conglomerados basales de la serie triásica.

La naturaleza del afloramiento impide establecer precisiones sedimentológicas sobre el depósito de la unidad que, en cualquier caso, tuvo lugar bajo un régimen continental de tipo aluvial en cuencas intramontanas implantado tras la orogenia hercínica; la sedimentación se llevó a cabo en un ambiente distensivo reflejado por la emisión de las coladas basálticas.

No se han hallado restos paleontológicos que permitan su datación, habiéndose atribuido al Pérmico por su posición estratigráfica y su similitud con diversos materiales pérmicos de otras zonas.

Aunque los niveles de arcillas rojas se encuentran bien representados en la cartografía, especialmente en las estribaciones del collado de Ibardín y del Monte Larún, sus mejores afloramientos se encuentran en las laderas de Ibantelly, donde algunos desmontes de varios metros, permiten su observación con nitidez. Los afloramientos de los niveles de conglomerados son de menor calidad apenas reducidos a varios afloramientos muy puntuales y de espacio reducido. El seguimiento de estos pequeños afloramientos, y el resalte que producen en la topografía han permitido su cartografía..

2.1.2.2. Análisis secuencial del Paleozoico

En esta zona del macizo de Cinco Villas es difícil establecer con precisión las distintas secuencias deposiciones ya únicamente aparece una única secuencia deposicional, que comienza por el desarrollo de plataformas carbonatadas a las que sigue un cambio paleogeográfico importante, con instalación de aparatos turbidíticos en cuyos episodios iniciales se refleja el desmantelamiento de las plataformas carbonatadas namurienses.

2.2. MESOZOICO

Está representado por dos conjuntos claramente diferenciados, separados por una importante discordancia

El Triásico orla a los depósitos paleozoicos, estando representado por los dos litotipos inferiores característicos de las facies germánicas: El tramo inferior de naturaleza detrítica y tonos rojos característicos (facies "Buntsandstein") y el tramo intermedio, fundamentalmente carbonatado (facies "Muschelkalk"), aunque este no aparece en esta Hoja de Vera de Bidasoa, no observándose el tramo superior arcillo-yesífero posiblemente por motivos tectónicos, ya que constituye un importante nivel de despegue estructural en esta región.

El Cretácico comienza con la aparición del ciclo Albiense representado por arcillas, areniscas, pizarras y calizas bioconstruidas en facies supraurgonianas.

El Cretácico superior está representado por los depósitos de calizas arcillosas y alternancias de areniscas y arcillas calcáreas.

2.2.1. Triásico

Después de la formación de la cadena Hercínica Pirenaica y su posterior peneplanización, la sedimentación en la cuenca se reanuda con la deposición de las facies detríticas rojas del Buntsandstein.

2.2.1.1. Conglomerados (nivel 101), areniscas rojas y grises (nivel 103), areniscas y arcillas (nivel 104). Facies Buntsandstein. Triásico inferior.

Sus afloramientos se sitúan en la base mesozoica de los flancos del Sinclinal de Vera, pero mientras en su parte occidental, entre Vera y Lizuniaga, lo hacen exclusivamente en su flanco Norte, ya que en el Sur han desaparecido, al cabalgar los materiales paleozoicos directamente sobre los depósitos cretácicos, en su zona oriental, en Zugarramurdi, aparecen en el flanco Sur. Además de estos afloramientos, también se observan los existentes en el alto del monte Larún y en otras zonas elevadas entre este monte y el Collado de Ibardin. Especialmente visibles son los afloramientos del monte Larún donde los conglomerados de base forman un resalte muy desarrollado. Por encima de ellos, se pueden observar muy claramente las características de las unidades pelíticas.

En la zona de Zugarramurdi, los conglomerados también ocasionan unos resaltes importantes, culminando la alineación que se localiza al sur de dicha población.

En general las facies "Buntsandstein" poseen un marcado carácter detrítico, así como una tendencia granodecreciente y típicos tonos rojizos; su espesor, aunque variable, puede alcanzar 500 m.

Su base está marcada por una discordancia sobre la que se dispone un tramo conglomerático poligénico muy cementado (nivel 101), de cantos subredondeados de

cuarzo, cuarcita, y lalitas con diámetro medio de 3-8 cm y tamaño máximo 12 cm con soporte clástico en matriz arenosa de grano grueso a medio, mal clasificada y cemento de naturaleza silíceo. Intercalados entre estos conglomerados se observan niveles de areniscas de geometría lenticular, con tamaño de grano medio a grueso, cicatrices irregulares de erosión tapizados por "lag" de cantos, con laminación paralela. Hacia techo se observan láminas cruzadas de bajo ángulo y estratificación cruzada de surco laxo. En general, se organizan en niveles de tendencia tabular groseramente gradados, con eventual estratificación cruzada planar de láminas muy inclinadas. Su potencia puede alcanzar 25 m.

Sedimentológicamente, los conglomerados basales se integran en un contexto de barras longitudinales de gravas, localizadas en la orla proximal-media de abanicos aluviales en la que coexisten procesos de transporte en masa y por agua, con desarrollo de bancos de gravas en canales de baja sinuosidad, muy tractivos.

Sobre el tramo conglomerático se dispone un conjunto esencialmente arenoso rojo (nivel 103), próximo a 300 m. de espesor. En su mitad inferior predominan las areniscas de grado medio y composición cuarcítico-micáceas, con cemento silíceo y a veces ferruginoso, así como matriz limosa-arenosa bien cementada, frecuentemente alterada a limonita. A veces se observan impresiones en los cantos de origen mecánico, por compresión de unos cantos con otros. El tamaño de los cantos, varía normalmente entre 1 y 10 cm, aunque puede llegar a 20 cm muy heterométricos y redondeados. Se organizan en secuencias positivas de relleno de canales fluviales de baja sinuosidad integrados por sets tabulares de láminas cruzadas y cosets de estratificación cruzada de mediana escala, de tipo surco y planar. Estas facies son típicas de barras arenosas longitudinales y transversales de cauces trenzados asociados a las zonas intermedias de un abanico fluvial.

En la mitad superior se aprecia la progresiva incorporación de tramos limolíticos rojos, que dan lugar a una alternancia de areniscas y limolitas (nivel 104), con predominio de las limolitas sobre las areniscas cuyos niveles van disminuyendo hacia techo. Las areniscas de grano medio a fino con cemento silíceo y carbonatado, se disponen en bancos de aspecto canalizado cuyo espesor no suele superar los 30 cm, apreciándose una importante concentración de micas en los planos de estratificación. En la vertical existe un incremento progresivo de la sinuosidad de los canales como sugiere el paso de cosets tabulares de láminas cruzadas, enfrentadas o normales al sentido de

acreción, y “climbing ripples”. Los niveles limolíticos poseen carácter masivo o bien intercalan capas decimétricas de areniscas de grano fino o muy fino, muy bioturbadas, asimilables a depósitos de desbordamiento de tipo “crevasse splay”.

No se han encontrado restos fósiles que permitan la datación de la unidad, que de forma tentativa se ha asignado al Triásico inferior.

Los análisis petrológicos de areniscas han señalado ciertas variaciones composicionales y texturales, pero en general los valores están comprendidos entre 50 y 75% de cuarzo, e inferiores al 10% de fragmentos de rocas metamórficas y plagioclasa; en la mayor parte de los casos se observa matriz arcillosa (10-12%) y cemento silíceo o ferruginoso (15-30%). Dichos análisis han permitido su clasificación como sublitoarenitas en la mayor parte de los casos, con cuarzoarenitas en menor proporción.

2.2.1.2. Arcillas abigarradas y yesos (nivel 105). Triásico inferior.

Culminando la unidad se aprecia la presencia de un tramo arcilloso de colores abigarrados (nivel 105), que puede alcanzar 40 m de espesor. Generalmente aparece en afloramientos de mala calidad, pudiendo confundirse puntualmente con niveles arcillosos triásicos correspondientes a las facies “Muschelkalk” y “Keuper”, no aflorante en esta zona. Hacia la base se intercalan niveles de areniscas de orden decimétrico que presentan bases canalizadas con probables retoques mareales, como sugieren cierta bimodalidad en las láminas cruzadas, “drappers” y posibles “wave-ripples”, si bien predominan los procesos puramente fluviales; con estratificación cruzada de surco planar que hacia techo presentan laminación cruzada ascendente, por contra, hacia el techo se intercalan niveles calcáreos muy delgados que sugieren el tránsito a la facies “Muschelkalk”.

Como sucede en los niveles anteriormente descritos, no se han encontrado restos fósiles que permitan la datación de la unidad, que se ha asignado al Triásico inferior por su posición estratigráfica.

El único afloramiento de esta unidad que aparece en esta Hoja de Vera de Bidasoa, se sitúa inmediatamente al Sur de Zugarramurdi, en la salida de la carretera que lleva

hasta Etxalar, y únicamente en un desmonte de construcción puede observarse la litología y características de esta unidad.

2.2.1.3. Análisis secuencial del Triásico

El inicio del Ciclo Inferior se caracteriza por el desarrollo de orlas proximales y medias de abanicos aluviales correspondientes a la facies "Buntsandstein" (nivel 101), que reflejan la reactivación del relieve tras la reestructuración tardihercínica. La evolución secuencial está caracterizada por una disminución del tamaño de grano, relacionada con una degradación del relieve o con una mayor extensión del área de relleno en las fosas generadas durante el período tardihercínico. Con ello, se produce la aparición sucesiva de sistemas fluviales de alta sinuosidad, sistemas fluviales de sinuosidad media y sistemas meandriformes, con episodios de desbordamiento.

2.2.2. Cretácico

Corresponden al Cretácico la mayor parte de los afloramientos situados en el sinclinal de Vera.

Pueden agruparse en dos grandes conjuntos La inferior está constituida por los depósitos detríticos y calcáreos asimilados a las facies Supraurgonianas del Albiense y el conjunto superior formado por un conjunto rítmico de areniscas y arcillas calcáreas.

En conjunto estos materiales han sido estudiados por LAMARE (1.936), RAMIREZ DEL POZO (1.971), SOLER Y JOSE (1.971), DUVERNOIS et al (1.972), CAMPOS (1.979) y últimamente por PUJALTE (1.982).

2.2.2.1. Conglomerados (25) y Areniscas, limos y arcillas (nivel 151). Albiense

RAT (1959), incluyó a estos niveles en el "Complejo Supraurgoniano". En su base existe una importante discordancia, que si bien puede no ser muy evidente puntualmente debido a la deficiente calidad de los afloramientos resulta espectacular a nivel regional, al apreciarse la disposición de los materiales albienses sobre diversas unidades. Esta discordancia esta relacionada con el momento álgido de las fases

aústricas, que producen cambios importantes e el régimen de sedimentación de la cuenca, y sobre todo en las zonas marginales donde se producen importantes deformaciones tectónicas, dando como resultado que estos niveles se apoyen discordantemente sobre los sedimentos triásicos e incluso paleozoicos. La inexistencia de parte del Jurásico y del Cretácico inferior, se debe a los intensos procesos que afectan a este sector de la cuenca.

Litológicamente está constituido por areniscas limos y arcillas con unos niveles de conglomerados de cantos silíceos y calcáreos en la base.

Los niveles de areniscas son de naturaleza silícea, de grano medio a fino con ocasionales niveles de microconglomerados y limolitas, mal estratificadas en bancos decimétricos

Los niveles de conglomerados, se encuentran intercalados entre los niveles de areniscas, aunque en mayor proporción en la base de la unidad, están constituidos por cantos de cuarcita y en menor proporción de areniscas, con taños medios del orden de 5 cm, en una matriz arenosa limolítica bien cementada, con espesores del orden de 150 m.

Los conglomerados aparecen como cuerpos canalizados de dimensiones plurimétricas, mientras que los niveles de areniscas, limos y arcillas solamente están ligeramente canalizados, donde la geometría de las estratificaciones indican un transporte unidireccional del OSO hacia el ENE.

Ramírez del Pozo,(1971), cita la presencia de *Hedbergella* cf. *washitensis* y *Tritaxia* cf. *pyramidata* que permiten datar a esta unidad como Albiense medio

La unidad de conglomerados basales solamente ha podido observarse en las proximidades de Zugarramurdi. Por encima de ellos, aparece una banda, con afloramientos bien visibles, entre esta población y Urdax, en la que se pueden apreciar claramente las características del nivel 26. Fuera de esta zona, únicamente aparece una mancha de este nivel de areniscas, limos y arcillas al noroeste de Vera de Bidasoa, en un afloramiento que continúa hacia la vecina hoja de Ventas de Irún.

2.2.2.2. Calizas con Toucasia (nivel 168). Albiense-Cenomaniense inferior.

Continuando la serie normal cretácica, aparecen estos niveles de calizas con Toucasia, que aparecen también en una estrecha banda entre Zugarramurdi y Urdax, donde en algunos afloramientos pueden apreciarse sus características. Sin embargo, el mejor afloramiento se encuentra en la cantera de Arkaitza, al sur de Vera, donde en los taludes pueden apreciarse las características generales de la unidad.

Litológicamente está constituido por calizas con tinciones rojas y construcciones de rudistas y corales y por calizas tableadas (grainstone) bioclásticas algo arenosas con abundantes laminaciones y estratificaciones cruzadas.

El espesor de este nivel es del orden del centenar de metros, acuñándose lateralmente.

En Hojas próximas a esta, se ha determinado en niveles similares la presencia de *Favusella washitensis* (CARSY), *Hedbergella*, *Pseudocyclamina*, *Pithonella sphaerica* (KAUFM), espículas, *Lithothamnium*, *Macroporella*. En la Hoja de Vera de Bidasoa, se cita la presencia de *Aulotortus (Paratrocholina)*, *lenticularis* (PAAZOW), *Pseudovalvulineria* sp., *Bacinella irregularis* (RADOICIC), *Coscinophagma cribosum* (REUSS, 1846), *Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), *Tritaxia* sp., *Quinqueloculina* sp., *Solenopora* sp., *Spirophthalmidium* sp., *Rotalipora* sp., *Caprina* sp., *Lithothamnium*, que datan al Albiense.

Estratigráficamente se considera a esta unidad como Albiense-Cenomaniense, ya que se encuentra intercalada entre el nivel arcilloso anterior, asociándole sedimentológicamente con etapas de instalación de una plataforma carbonatada con el desarrollo de construcciones de rudistas y barras bioclásticas progradantes en esa incipiente plataforma.

Las condiciones de afloramiento no permiten tener una visión tridimensional y determinar la polaridad sedimentaria de esta plataforma, aunque se puede considerar una dirección Oeste-Este, teniendo en cuenta que hacia el Este las facies biotécnicas son menos groseras y las intercalaciones terrígenas son más abundantes hacia el Oeste (RAZIN, 1989).

2.2.2.3. Calizas arcillosas (nivel 169). Cenomaniense-Turoniense

Litológicamente esta constituido por un conjunto de calizas bioclásticas de tonos grises con restos de rudistas y corales

Su limite inferior es discordante, reposando sobre los dos términos antes descritos indistintamente y según zonas.

El espesor es del orden de 20 metros, aunque varia sensiblemente de unas zonas a otras

Este conjunto calcáreo, se ensambla en bancos planoparalelos de potencia variable, con niveles de sílex interestratificados.

Sus restos fósiles son abundantes, entre ellos: *Tritaxia* cf. *tricarinata* (REUSS) *Dorothia* sp., *Marssonella* sp., *Spiroplectamnia* sp., *Haplophragmium* sp., *Quinqueloculina* sp., *Stomios*, *Globotruncana* cf. *sigali*, REICHEL, *G.* cf., *helvética*, BOLLI, *G.* gr. *Lapparenti*, *Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), *Heterohelix* sp., *Hedbergella* sp., *Lenticulina* sp., que datan a esta unidad como Cenomaniense-Turoniense

Las características litológicas de esta unidad indican una sedimentación hemipélagica en un medio de depósito relativamente profundo. Su posición estratigráfica entre unos depósitos de plataforma y una serie turbidítica, conducen a interpretar esta unidad como un depósito de talud. Reposarían en onlap según una dirección aparente E-O sobre las calizas de la plataforma ligeramente basculada

Este conjunto aflora en Zugarramurdi, pero en afloramientos muy malos, únicamente visibles en las cuevas de Zugarramurdi, ya que en superficie no aparecen afloramientos de calidad. Además de esta zona, esta unidad aparece en el valle del río Zía, al oeste de Vera, donde en algunos cortes de las pistas que recorren la zona, aparecen cortes donde observar las características de esta unidad.

2.2.2.4. Margas, areniscas y calizas (nivel 170). Turoniense-Campaniense.

Esta unidad cartográfica aflora en el núcleo del sinclinal de Vera-Zugarramurdi y aunque existen multitud de afloramientos, suelen ser de pequeñas dimensiones y mala calidad. El mejor afloramiento donde apreciar la estratigrafía de esta unidad se localiza al norte de Zugarramurdi, en una pequeña cantera situada junto a la carretera que conduce a la vecina localidad de Sare, ya en territorio francés.

Este conjunto comienza con unos niveles de brechas de naturaleza calcárea y algunos de ellos silíceos, lutitas y cuarcitas con matriz siempre calcárea de modo que aparece en campo como un tramo calcáreo homogéneo cuando no existen soportes detríticos, distribuidos en bancos decimétricos, tamaño medio de los cantos es del orden de 3 cm. Hacia techo continúa por una alternancia de margas y areniscas calcáreas de tonos cremas, estratificadas en bancos centimétricos.

El espesor total de este tramo no se conoce ya que siempre falta el techo no obstante se puede estimar en un mínimo de 500 m.

Los niveles calcáreos son mudstone-wackestone arcillosos con pequeñas cantidades de limo y arena (5-30%), generalmente de cuarzo.

La fauna citada por la Hoja 1:50:000 MAGNA de Tolosa, no es determinativa, clasificándose: *Pithonella sphaerica*. (KAUFMANN), *Globotruncana cf. helvetica* BOLLI, *Dicyclina cf. schlumbergeri*, *Pseudolituonella cf. mariae*, *Monouxia conica* GENDROT, *Triataxia sp*, *Heterohelix sp*, *Hedbergella sp*, *Dictyopsella sp*, *Rotalipora sp*, *Marsonella sp.* y *Pseudovalvulineria sp*, con una edad comprendida entre el Cenomaniense y el Santoniense.

Sedimentariamente esta unidad se asocia a depósitos de tipo turbidíticos, observándose gran cantidad de "slumps" y laminaciones paralelas y onduladas depositados en un ambiente de talud-cuenca.. El conjunto de flute cast observados en la base de los niveles, indica una corriente del Este hacia el Oeste.

2.2.2.5. Análisis secuencial del Cretácico

En el Cretácico inferior se pueden distinguir tres principales megasecuencias que en conjunto marcan la progresiva profundización de la cuenca.

La primera megasecuencia, de edad Aptiense - Albiense, corresponde al denominado Complejo Urgoniano (RAT, 1959). Se caracteriza por la presencia de importantes masas de rocas carbonáticas de origen arrecifal con rápidos y frecuentes cambios laterales a margas y lutitas.

En el área que abarcan las cartografías no se ha reconocido discordancias ni cambios bruscos de facies que permitan subdividir esta megasecuencia en secuencias de rango menor, pero sí existen en otras áreas de la Cuenca Vasco - Cantábrica. Esta megasecuencia (Aptiense - Albiense) presenta una tendencia general transgresiva que se relaciona con un incremento de la subsidencia, debido no sólo a la fracturación de bloques, sino también a una flexuración general. En los depocentros, la sedimentación era esencialmente lutítico-margosa, y a menudo en condiciones anóxicas. En los bloques elevados y en los márgenes, se desarrollaron plataformas carbonáticas, con numerosas bioconstrucciones arrecifales de rudistas o corales (GARCÍA MONDEJAR, 1982).

La megasecuencia superior, de edad Albiense - Cenomaniense inferior, es expansiva con respecto a las infrayacentes y casi siempre se apoya discordante o en contacto brusco sobre ellas. En el área que abarcan las cartografías, está representada casi exclusivamente por depósitos turbidíticos de talud, que muestran una tendencia general progradante que culmina con facies de plataforma carbonática. Lateralmente estos depósitos se relacionan con formaciones deltaicas (Fm. de Valmaseda) o fluvio-aluviales (Fm. de Utrillas). Hacia el norte equivalen a otras formaciones turbidíticas de pie de talud (Fm. de Durango) y cuenca (Fm. de Deva).

En el área estudiada, la escasez y mala calidad de los afloramientos, junto con la ausencia de niveles guía, no permiten el establecimiento de unidades deposicionales de rango menor. El carácter predominantemente siliciclástico y expansivo de esta megasecuencia (Albiense - Cenomaniense), se relaciona con un incremento de la subsidencia en la cuenca y el rejuvenecimiento del relieve en los márgenes.

Durante el intervalo Cenomaniense - Santoniense, toda la cuenca experimenta un hundimiento progresivo, menos acusado en los márgenes, que se relaciona con la etapa de deriva continental y subsidencia térmica del margen. Es en esta etapa cuando se originan surcos donde se depositan potentes series turbidíticas, calcáreas y siliciclásticas, que en este caso corresponden con los depósitos rítmicos de areniscas y arcillas calcáreas.

2.3. CUATERNARIO

El Cuaternario de la hoja de Vera de Bidasoa (65-II) se caracteriza por una serie de depósitos de carácter fluvial (fondos de valle y conos de deyección), de gravedad (coluviones, deslizamientos, avalanchas de bloques etc.) y kársticos (arcillas de descalcificación). Un pequeño ejemplo, de origen lacustre, viene a completar el espectro de los depósitos recientes.

2.3.1. Pleistoceno

2.3.1.1. Arcillas rojas (nivel 523). Arcillas de descalcificación.

Se reducen a las arcillas rojas de descalcificación que quedan en el fondo de algunas dolinas y uvalas. Son de color pardo rojizo y constituyen el producto residual de la disolución de los carbonatos. La naturaleza de este material es principalmente arcillosa, aunque siempre contiene un cierto porcentaje de limo, arena e incluso fragmentos de rocas carbonatadas desprendidas de las paredes de las dolinas. En la hoja de estudio, los únicos ejemplos se encuentran en las proximidades de la localidad de Zugarramurdi, donde rellenan el fondo de unas dolinas de forma alargada, en sentido E-O y de unos 500 m, aproximadamente de largo, actualmente ocupado por un inmenso prado que impide la observación directa de sus depósitos. De todas maneras, todavía puede observarse el escarpe, aunque algo degradado. Existen, además, unas pequeñas dolinas en embudo. Los procesos kársticos parecen iniciarse a finales del Terciario, más o menos en el Plioceno, y continúan durante todo el Cuaternario, siendo, en muchos casos funcionales en la actualidad.

2.3.2. Holoceno

2.3.2.1. Bloques y arcillas (nivel 545). Deslizamientos.

Los deslizamientos que aparecen en esta hoja son de pequeño tamaño y no muy abundantes. Todos ellos se desarrollan en las pizarras del Macizo Paleozoico de Cinco Villas. Como se observa en la cartografía, es fácil reconocer en todos ellos la cicatriz de despegue y el depósito. Algunos son de carácter rotacional y otros de carácter mixto entre rotacionales y solifluidales. Están constituidos por una masa caótica de bloques y arcillas, pero, a veces, estos bloques son de gran tamaño y consisten en el material original transportado hacia abajo y afectado por escasas modificaciones. Este hecho, sin embargo, es más frecuente en los deslizamientos rotacionales. La potencia de la masa en movimiento puede llegar en algunos casos a tener unos 15-20 metros. Uno de los mejores ejemplos se puede observar al sur de la hoja en los alrededores del caserío de Gorosurreta Auzoa. La edad, siempre holocena, puede ofrecer muchas variaciones pues algunos deslizamientos parecen muy recientes y otros, algo más antiguos ya que están muy estabilizados y se ha construido encima de ellos, como sucede en el ejemplo anteriormente citado.

2.3.2.2. Bloques y Cantos (nivel 547). Avalanchas de bloques.

Estos depósitos son relativamente frecuentes al pie de los grandes escarpes y es habitual verlos alternando con los grandes coluviones. Al observar el mapa geomorfológico, se ve que la mayor concentración aparece en el extremo sureste de la hoja, en el paraje de Txirripa, también al sur del monte Aizparraz y al oeste de Iriarteko Borda. Se suelen producir en las cabeceras de algunos de los cauces, siguiendo la línea de drenaje. Por su aspecto superficial parece que se construyeran a bocanadas, después de fuertes lluvias, de forma similar a como lo hacen los ríos de piedra. Son depósitos muy lavados, con abundancia de grandes bloques, aunque también están constituidos por fragmentos menores. Parecen de formación muy reciente.

2.3.2.3. Arcillas, arenas y materia orgánica (nivel 541). Áreas endorreicas.

Están formados por sedimentos finos con un cierto contenido en materia orgánica. Se origina en áreas ligeramente deprimidas donde existe un drenaje deficiente. El único ejemplo se encuentra en el país vecino, en la ladera norte del Monte Larún. Se trata de un pequeño reducto de contorno suavemente irregular, donde se acumulan los materiales anteriormente citados. Es frecuente que en este tipo de depósitos se desarrollen, a techo, suelos grises de carácter vértico. La edad se considera Holoceno.

2.3.2.4. Bloques, cantos, arcillas y arenas (nivel 543). Coluviones.

Los coluviones son formas de ladera que se desarrollan, por lo general, al pie de las mismas, formando bandas alargadas paralelas a los cauces. En la hoja de Vera de Bidasoa alcanzan un gran desarrollo, sobre todo, al pie de los grandes escarpes. Son de gran espectacularidad los formados en las laderas de los montes Larún, Ibantelly e Ibaineta. Están formadas por una acumulación caótica de cantos y bloques, con una matriz arcillosa con arenas. Cada uno de ellos depende de los materiales existentes en la parte superior, así, un coluvión puede estar constituido por una acumulación de multitud de bloques con pocos finos, mientras otros lo estarán por una acumulación de finos con menos fragmentos. Los bloques son angulosos y de varios tipos, es decir de calizas, conglomerados, cuarcitas, areniscas, etc. Los coluviones también son frecuentes en los principales valles, al pie de las laderas, y descansando sobre los depósitos de fondos de valle o interdentándose con ellos. En definitiva, se trata de formaciones poco coherentes, con un espesor y un tamaño muy variables. La edad asignada a estos depósitos es Holoceno.

2.3.2.5. Cantos, gravas, arenas y arcillas (nivel 527). Fondos de valle.

Las observaciones realizadas en campo muestran que se trata de depósitos de cantos y gravas de naturaleza cuarcítica y caliza fundamentalmente, apareciendo además elementos de cuarzo, areniscas y algunas grauvacas. El tamaño medio está comprendido entre 5 y 7 m, con bastantes clastos de mayor tamaño. La matriz

arenoso-arcillosa es pardo o pardogrisácea y presenta algunas concentraciones de carbonatos. La potencia de estos depósitos oscila entre 2 y 5 m, aunque puntualmente puede ser mayor. Los cortes no son muy buenos y es difícil realizar algún perfil, no obstante, se pueden hacer observaciones puntuales en el valle del Bidasoa, donde se reconocen estratificaciones cruzadas, cicatrices erosivas e imbricaciones de cantos. Sobre estos depósitos se desarrolla un suelo pardo de vega, poco evolucionado. Destacan los fondos de los ríos Bidasoa, anteriormente citado, y Bidaia, el arroyo Mugako y los de la mayoría de los arroyos situados al norte de Zurragamurdi. La edad atribuida a estas formaciones es Holoceno por constituir el último episodio sedimentario producido por los ríos.

2.3.2.6. Cantos, gravas, arenas y arcillas (nivel 536). Conos de deyección.

Se localizan, principalmente, en los valles de los ríos Bidasoa y Bidaia. Se originan a la salida de algunos arroyos y barrancos, en su confluencia con estos cauces de rango superior. Son de pequeñas dimensiones y se caracterizan por la típica forma en abanico y por el perfil convexo. Los conos de deyección, puesto que proceden de los arroyos menores, ofrecen variaciones locales en su litología, dependiendo de las formaciones geológicas que los alimenten. Los cantos son muy variables desde el sector apical hasta el distal, en el que predominan los sedimentos más finos. La potencia, dentro del mismo depósito, puede oscilar desde pocos cms, hasta varios metros. Se consideran de edad holocena.

3. TECTÓNICA

3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La Hoja de Vera de Bidasoa se sitúa entre la Cuenca Vasca o Cuenca Vasco-Cantábrica y el extremo más occidental de la Cadena Pirenaica. Esta cadena alpina se extiende desde el Golfo de Vizcaya hasta el Mediterráneo (Fig. 2.1). Transversalmente presenta una aparente simetría a partir de un eje constituido por los materiales paleozoicos. Esta alineación montañosa es la resultante de la compresión producida entre las placas Europea e Ibérica y ha sido clasificada y subdividida en numerosas ocasiones, siendo una de las más utilizadas la realizada por MATTAUER y SEURET (1.971), basada en criterios estructurales y estratigráficos. Según estos autores en los Pirineos se distinguen dos coberturas meso-cenozoicas despegadas al N, Zona Norpirenaica, y al S, Zona Surpirenaica, localizados respectivamente al septentrión y meridiano de la Zona Axial. A grandes rasgos, la Zona Norpirenaica cabalga su antepaís, representado en la Cuenca de Aquitania. Asimismo, la Zona Surpirenaica cabalga sobre su antepaís, representado en la Cuenca del Ebro. Esta hoja se sitúa en el extremo más occidental de la Zona Axial pirenaica.

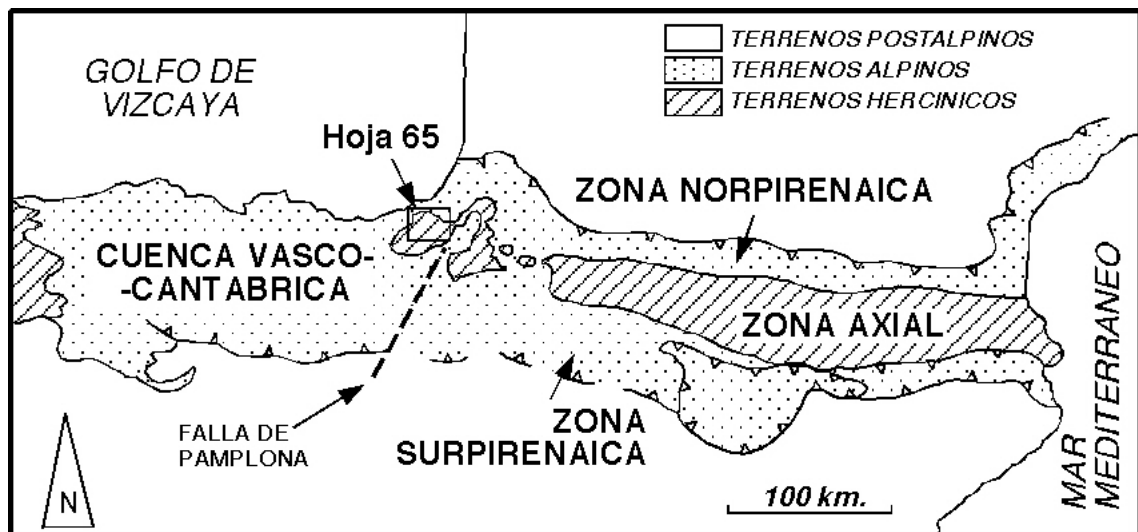


Fig. 2.1: Situación de la zona de estudio en la geología regional.

El diferente comportamiento de los materiales frente a la deformación permite distinguir los siguientes dominios estructurales: “zócalo”, constituido por los materiales

hercínicos; “tegumento”, formado por los depósitos de las facies “Buntsandstein” y “Muschelkalk”; “nivel de despegue” integrado por las facies “Keuper”; y “cobertera” constituida por la serie sedimentaria jurásico-paleógena. En general el zócalo y la cobertera se han deformado independientemente gracias al nivel de despegue de las evaporitas triásicas, con una deformación mucho más acusada de la cobertera, si bien en la Zona Axial el zócalo también ha sido estructurado e incorporado a las estructuras alpinas, aunque la superposición de fases tectónicas dificulta la diferenciación de la deformación hercínica de la alpina, máxime cuando ambos ciclos, el hercínico y el alpino, se manifiestan polifásicamente.

En la zona que ocupa la Hoja de Vera de Bidasoa, solamente se encuentran los materiales paleozoicos que forman el zócalo y depósitos posthercínicos desde el Pérmico hasta el Cretácico que forman el tegumento, estando ausente el Jurásico.

El paleozoico del Macizo de Cinco Villas no tiene el carácter de “zócalo”, entendido como un zócalo cristalino que reacciona pasivamente ante unos esfuerzos tardíos. Por el contrario, la potente sucesión de sedimentos pelíticos, muy poco metamorfizados, no se han comportado de forma rígida ante las deformaciones alpidicas, por lo que, a las estructuras originadas durante la orogenia hercínica, se han sobreimpuesto las producidas en la orogenia alpina.

Los materiales posthercínicos son los que mejor muestran las consecuencias de la orogenia alpina. En esta zona están representados en la Depresión de Vera-Zugarramurdi, sinclinal en el que el núcleo está formado por depósitos flyschoides del Cretácico Superior.

En el cuadrante de Vera de Bidasoa afloran materiales de edades comprendidas entre el Paleozoico superior y el Cretácico superior, lo que indica que en esta zona se han superpuesto dos orogenias, Hercínica y Alpina.

La influencia que estas dos orogenias, con sus correspondientes fases de deformación, hace difícil su estudio conjunto, por lo que, para su estudio tectónico, es conveniente separarlo en dos partes:

- Estructuras del basamento paleozoico

- Estructuras de la cobertera mesozoica

3.2. ESTRUCTURAS DEL BASAMENTO PALEOZOICO (OROGENIA HERCINICA)

Los materiales paleozoicos en el cuadrante de Vera de Bidasoa forman parte del denominado “Macizo de Cinco Villas”, el afloramiento más occidental de la “Zona Axial” de los Pirineos, mayoritariamente constituido por una serie alternante de materiales pelíticos y detríticos de carácter flyschoides, de edad carbonífera.

Son varios los autores que han estudiado la tectónica del macizo de Cinco Villas. Los estudios de esta zona comenzaron en los años treinta con la fuerte controversia ejercida entre LAMARE (1931, 1932, 1944 y 1954) y LOTZE (1931, 1932 y 1946) discutiendo el origen de las vergencias contrarias, al norte y al sur y las estructuras derivadas de ellas. HEUSCHMIDT (1977) estudia el macizo paleozoico de Cinco Villas en el que asocia las fases 5, 6 y 7 reconocidas en los terrenos hercínicos al ciclo alpino.

HEDDEBAUT (1973) y MULLER, ROGER (1977), indican que el análisis estratigráfico y estructural de estos macizos muestra un cabalgamiento tardihercínico que pone en contacto dos unidades paleogeográficas bien diferenciadas: un dominio oriental, que correspondería a los macizos de Alduides y Artzamendi sobre un dominio occidental formado en esta zona por el macizo de Cinco Villas.

CAMPOS (1979) y CAMPOS et al (1980), reconocen una fase principal de vergencia norte en la cobertera del borde occidental de Cinco Villas. Posteriormente LLANOS (1983), distingue dentro del ciclo alpino dos etapas, la primera intracretácica y otra posterior de vergencia norte tardicretácica. ZUAZO (1986) distingue una fase principal con desarrollo de pliegues de vergencia norte de edad terciaria y reconoce la existencia de una tectónica polifásica posterior. EGUILUZ et al (1988) establece las características y relaciones mutuas de las dos esquistosidades descritas por ZUAZO (1986).

MARTÍNEZ TORRES et al. (1984), establece tres fases de plegamiento, una prealbiense, otra terciaria de vergencia norte, y por último, otra terciaria de vergencia sur. La intersección de estas tres fases de plegamiento da lugar a la aparición de

distintas figuras de interferencia. Siguiendo a este autor, las fases de plegamiento pueden diferenciarse en las siguientes:

- Fase H1: representada por pliegues isoclinales tumbados, de escala decimétrica y dirección dispersa, con vergencia poco clara, posiblemente W. Lleva asociada una pizarrosidad (“slate cleavage”) muy penetrativa a escala del macizo, subparalela a la estratificación (S_0), especialmente en los flancos de los pliegues. Las direcciones principales de estas estructuras son N-S a N 20° E (Fig. 2.2).
- Fase H2: desarrolla pliegues angulares decimétricos, de dirección NE-SW, con esquistosidad de crenulación subvertical muy desarrollada. Tanto los pliegues como las esquistosidades son los rasgos estructurales más característicos del macizo de Cinco Villas (Fig. 2.2).
- Fase H3: desarrollo muy localizado de pliegues angulares decimétricos NW-SE, ortogonales a los pliegues de la fase anterior, con esquistosidad vertical asociada muy poco desarrollada.
- Presencia local de Kink-bands tardíos

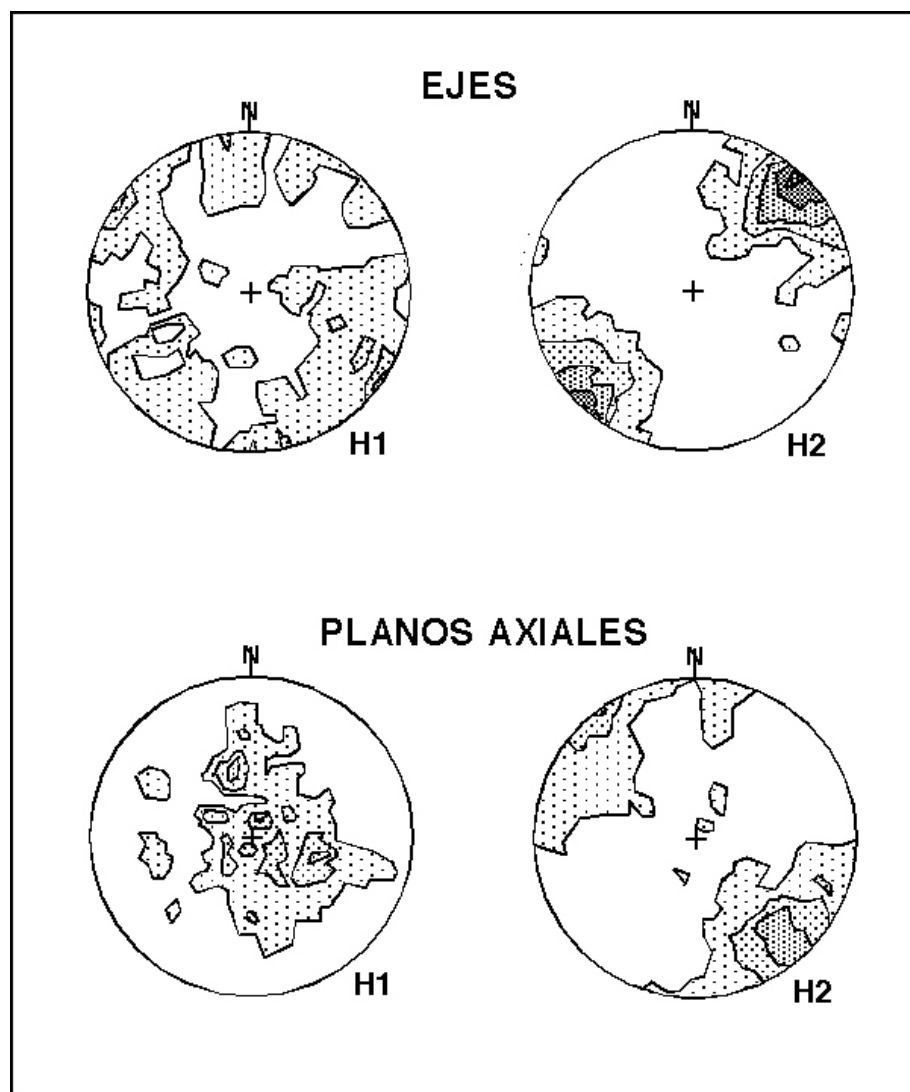


Fig. 2: Proyección equiangular en el hemisferio inferior de ejes y polos de planos axiales de la primera H1 y segunda H2 fases hercínicas del Macizo de Cinco Villas. (MARTINEZ-TORRES, 1984)

Por último RAZIN (1989), estudia la evolución tectosedimentaria alpina en el Pirineo, al oeste de la transformante de Pamplona, en el que desarrolla una síntesis de los datos estratigráficos, sedimentológicos y estructurales para obtener la evolución tectónica y sedimentaria de toda esta zona del extremo occidental de los Pirineos.

Como todas las zonas que han sufrido una historia tectónica compleja, con más de una fase de plegamiento, la cartografía de las estructuras de la Hoja de Vera de Bidasoa es complicada y difícil. Si a esto se agrega la ausencia de niveles guía y la escasez de afloramientos, el conjunto resulta muy poco comprensible a la hora de establecer la estructura de la zona y su historia tectónica.

Sin embargo, a partir de la cartografía realizada, las medidas estructurales obtenidas, así como los datos procedentes de estudios anteriores y las hojas contiguas se pueden establecer una serie de conclusiones sobre la estructura del macizo paleozoico de Cinco Villas en esta Hoja.

El macizo paleozoico en el cuadrante de Vera de Bidasoa, ocupa gran parte del espacio, estando dividido en dos grandes bloques, al Norte el macizo de Larún y, al Sur, el macizo de Cinco Villas propiamente dicho, separados por la falla de Aritxulegui, que se desdobra al oeste en la falla de Vera y al sur por los cabalgamientos de Zalain, accidentes tectónicos que limitan la depresión de Vera.

Las características estructurales del Paleozoico son complejas, debido, tanto a la superposición de las Orogenias Hercínica y Alpina, como a la proximidad del stock granítico de Peñas de Aya, con la deformación adicional que supuso su intrusión. A esta complejidad tectónica se añaden otros dos factores que dificultan la comprensión de la estructura: por un lado, la monotonía litológica de los materiales carboníferos paleozoicos en la que no se aprecian niveles guía, a excepción del contacto con las denominadas "Calizas de Aranaz" y algunos niveles conglomeráticos y calizas intercalados en la serie pero de poca continuidad espacial, y por otro, los afloramientos son escasos y pésimos, condiciones que no permiten observar y estudiar la estructura, que puede llegar a ser muy compleja en detalle.

El macizo paleozoico de Cinco Villas puede separarse en dos unidades diferentes: una autóctona, formada por esquistos, pizarras y grauwacas que aflora ocupando la practica totalidad de los materiales paleozoicos de esta hoja, que se correspondería con el dominio occidental de HEDDEBAUT y una unidad alóctona cabalgante constituida por los materiales devónicos, y que aparece al sureste de la hoja perteneciente al dominio oriental. En la primera no se aprecian grandes estructuras, debido tanto al carácter plástico de los materiales como a la escasez de afloramientos en los que pueda determinarse la estructura a escala regional. Por el contrario si son frecuentes los afloramientos donde pueden observarse meso y microestructuras. La segunda unidad, está escasamente representada en la esquina sureste de la Hoja, y, como en el caso de la unidad occidental, la determinación de su estructura general es prácticamente imposible, debido a la insuficiencia de afloramientos y la mala calidad de los mismos.

A pesar de estas dificultades, las manifestaciones de la deformación sufrida durante la orogenia hercínica, en el territorio ocupado por la Hoja son de gran importancia, e imprimen el carácter geológico dominante en esta zona, dando lugar a una serie de estructuras, que se pueden diferenciar en las que siguen:

3.2.1. Descripción de las principales estructuras

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

Los materiales más antiguos que aparecen en la Hoja son los esquistos y pizarras devónicas. Estos materiales aparecen cabalgantes sobre la sucesión carbonífera de Cinco Villas, por medio de un cabalgamiento mayor hercínico, que superpone el dominio oriental devónico sobre el dominio occidental del carbonífero de Cinco Villas. Para algunos autores (HEDDEBAUT, 1973 y MULLER y ROGER, 1977) este cabalgamiento es tardihercínico, mientras que para otros (RICHARD, 1986), se empezaría a producir en los primeros estadios de la deformación hercínica.

El cabalgamiento aparece al sur de Peña Plata, siguiendo una dirección NE-SO desapareciendo en la zona de Zugarramurdi, donde la complejidad tectónica impide averiguar con exactitud su geometría. Según algunos autores, en esta zona de Zugarramurdi, el alóctono implicaría también a materiales triásicos, que en su conjunto cabalgarían sobre los depósitos cretácicos.

Además de esta discontinuidad importante, el resto de procesos de deformación intrapaleozoicos quedan reducidos a la discordancia entre el Westfaliense y el Estephaniense, sin ninguna evidencia de fases orogénicas anteriores marcadas por discordancias, en esta Hoja, al no aparecer materiales anteriores a estas edades.

Por encima de los materiales pelíticos carboníferos, se sitúan las facies típicas del Pérmico, comenzando por unos conglomerados dispuestos discordantemente sobre el Carbonífero, marcando una pulsación tectónica importante.

El límite Paleozoico-Mesozoico, constituye una discordancia importante y muy visible en toda la región, en el que los conglomerados de base de la facies Buntsandstein se apoyan discordantemente sobre los materiales pelíticos carboníferos, como en el macizo de Cinco Villas, especialmente visible en el flanco Norte del Sinclinal de Vera, en su zona más occidental, y en su flanco Sur, en las proximidades de Zugarramurdi o sobre los depósitos pérmicos, en Larún donde los conglomerados basales forman un resalte que destaca sobre las arcillas pérmicas.

En la zona del macizo de Larún, las estructuras de plegamiento son de muy difícil apreciación, incluso las que son de dimensiones métricas o decimétricas así como otras estructuras que den idea de la deformación sufrida durante las etapas hercínicas. En el caso del Macizo de Cinco Villas, los mejores afloramientos se sitúan en la zona meridional de la Hoja, en el valle del arroyo Mugako, al sur de la alineación montañosa de Santa Bárbara. En esta zona los afloramientos son de mayor calidad que al Norte y en ellos se pueden estudiar algunas estructuras que dan idea de la deformación hercínica y las fases de deformación que se han producido.

- La fase de deformación que esta mejor representada en esta zona, como en el resto del macizo de Cinco Villas, es la fase H2, habiéndose apreciado algunos pliegues angulares decimétricos. La fase H1 también esta representada pero con menor profusión de pliegues, en mayor medida cuanto más hacia el Sur, mientras que de la fase H3 y la fase terminal de desarrollo de kink-bands, no se han observado estructuras que puedan considerarse pertenecientes a estas fases de deformación.

Las fracturas hercínicas que aparecen en los materiales paleozoicos en esta Hoja de Vera de Bidasoa están mejor representadas en el macizo de Larún que en Cinco Villas, y aunque muestran una dispersión aunque pueden asociarse a distintas familias:

- Fracturas N-S (N 5° W): Aparecen especialmente en el macizo de Larún, siendo fallas importantes, aunque no están especialmente representadas en esta zona.
- Fracturas N 20° E. Esta es una dirección de fracturación que está presente en todo el macizo de Cinco Villas.

- Fracturas N 20° W: Oblicuas a las anteriores, también aparecen en toda la extensión del macizo de Cinco Villas.

Estas dos clases de fracturas están muy representadas en Larún y en Ibantelly, mientras que en Cinco Villas aparecen asociadas al frente de cabalgamiento de los materiales paleozoicos sobre la cobertera cretácica.

3.3. ESTRUCTURAS DE LA COBERTERA MESOZOICA (OROGENIA ALPINA)

Los materiales mesozoicos de la Hoja de Vera de Bidasoa comprenden los existentes en el corredor de Vera-Zugarramurdi, pertenecientes al Triásico y Cretácico y los materiales triásicos que forman la alineación montañosa del monte Larún, alineación que forma el límite con la vecina Francia.

La naturaleza de las deformaciones alpinas tanto en el Macizo de Cinco Villas como en el macizo de Larún es difícil de precisar en esta zona debido tanto a la ausencia de continuidad en los afloramientos permotriásicos que aparecen fuertemente dislocados, como a su mala calidad.

A partir del análisis de la cartografía realizada, de zonas contiguas y de la bibliografía existente, se pueden establecer una serie de fases de deformación que se pueden resumir de la siguiente forma:

- Fracturación tardihercínica: Durante este periodo de edad estefano-pérmico, se originan las principales fracturas que rejugarán a lo largo de todo el ciclo alpino.
- Fase prealbiense: En esta fase se produjeron la reactivación de las fracturas tardihercínicas, con movimientos verticales que ocasionaron que el macizo de Cinco Villas se comportará como una zona emergida produciéndose el desmantelamiento de materiales triásicos y jurásicos.
- Fase distensiva cretácica. Es un proceso de rifting, en el que se formaron una serie de altos (horst) y depresiones (graben)

- Fase principal de plegamiento alpino: Durante este período (fase pirenaica), se produjeron deformaciones del zócalo, con formación de pliegues y desarrollo de fracturas de gran envergadura.

3.3.1. Descripción de las principales estructuras

El contacto E-O entre el macizo de Cinco Villas y la cobertera mesozoica del sinclinal de Vera, es esencialmente tectónico. Al oeste del pico de Ibantelly y hasta la zona de Zalain en Vera de Bidasoa, el Paleozoico cabalga la cobertera mesozoica (cabalgamientos de Ibantelly y Zalain), en un frente que está atravesado por fallas de dirección N20°E y N20°O.

El macizo de Larún está limitado al Sur por la falla de Vera. Se trata de una falla subvertical de dirección N80°E que pone en contacto la cobertera cretácica con el Paleozoico y su revestimiento permotriásico de la unidad de Larún.

Según RAZIN (1989), los límites de estos macizos paleozoicos, y, en general, los de toda la región, corresponden a fracturas orientadas según dos direcciones preferentes: NNE-SSO a NE-SO y E-O a ESE-ONO. Estas fracturas indican que las direcciones no han sido individualizadas durante el periodo hercínico, pero, en cualquier caso, indican una cierta influencia de la estructuración hercínica durante la orogenia alpina.

Ante la ausencia de depósitos jurásicos en esta zona, el paso Triásico-Cretácico se hace por medio de una importante discordancia, cuando no lo hace en forma mecánica. Esta discordancia, de edad urgoniana, erosiona la totalidad de depósitos jurásicos en esta zona y es especialmente visible en la zona de Zugarramurdi, donde sobre los materiales arcillosos y yesíferos que culminan las facies del Trías Inferior, aparecen unos conglomerados cretácicos del Albiense.

El límite del Supraurgoniano, constituye en esta zona una amplia discordancia erosiva, llegando a presentar niveles de conglomerados en su muro siendo concordante la sucesión de depósitos cretácicos a partir de esta discordancia.

La mayor estructura de plegamiento originada durante la orogenia alpina que se puede encontrar en esta hoja de Vera de Bidasoa es el sinclinal del mismo nombre

que recorre la hoja de Oeste a Este, en su zona occidental. Este sinclinal esta individualizado por la falla de Vera, al Norte, y los cabalgamientos de Zalain al sur, accidentes tectónicos que convergen al oeste en la falla de Aritxulegui. Este accidente tectónico de dirección E-O ha producido un movimiento diferencial entre sus bloques norte (Larún) y sur (Cinco Villas), y a su vez, separa el stock granítico de Peñas de Aya, en la Hoja contigua de Ventas de Irún.

El sinclinal de Vera-Zugarramurdi es un pliegue muy agudo, de dirección N90°E, con ligera vergencia hacia el Norte y flancos muy verticales, donde los buzamientos de las capas llegan a alcanzar 80°, como en las proximidades del collado de Lizuniaga. Los niveles estratigráficos que forman sus flancos están muy laminados, tal y como se puede apreciar muy claramente al Sur de Vera y al sur del Collado de Lizuniaga, en las estribaciones de Ibantelly, dando lugar a una esquistosidad muy penetrativa orientada N90°E, vertical u orientada hacia el Sur. En la zona de Vera, se desarrolla una segunda esquistosidad de la misma dirección pero menos inclinada (60°S), ligada a pliegues decimétricos H2 vergentes hacia el Norte (RAZIN, 1989).

En el borde Sur, estos materiales de tipo flysch están cabalgados por los materiales paleozoicos. Únicamente al Sur de Vera, junto al río Bidasoa, el flysch aparece en contacto con las Calizas con Toucasia de la unidad 27. En la zona de Zugarramurdi aparece en sucesión normal sobre los depósitos basales del cretácico inferior.

En el flanco Norte de la banda cretácica de Vera, al norte del collado de Lizuniaga, el contacto entre el flysch y las unidades paleozoicas está muy enmascarado por los coluviones que tapizan toda esta ladera del monte Larún. La traza aproximada del límite entre el Cretácico y el Paleozoico, sugiere la existencia de una falla de dirección E-O de fuerte pendiente orientada al Norte, que continúa hasta la población de Vera, donde en las proximidades de la fractura, es posible observar una intensa deformación en los materiales flyschoides.

Hacia la zona occidental, al Noroeste de la población de Vera, aflora un pequeño retazo de materiales cretácicos, que para RAZIN (1989), es diferente a sus equivalentes del borde sur del sinclinal, en el Macizo de Cinco Villas. Por ello, señala, estos materiales debieron pertenecer a la cobertera cretácica de Larún, siendo este el único punto en el que aparecen en toda la Hoja.

En consecuencia, el contacto entre el macizo de Larún y los materiales de la serie rítmica cretácica se produce mediante una discontinuidad tectónica importante, la falla de Vera. En la cartografía, en algunos tramos aparece desdoblada en dos planos e incluso esta dislocada por otras fallas de dirección N20°O y N20°E. Otro hecho importante relacionado con este accidente es la presencia de intrusiones de ofitas asociadas a su plano de falla.

Tanto en la zona del sinclinal de Vera, como en el área de Zugarramurdi, las direcciones principales de las fracturas que les afectan son direcciones hercínicas (N-S, N20°O y N20°E), que hacen suponer un rejuego durante las etapas de deformación alpinas.

El hecho principal de la deformación de la cobertera cretácica durante las deformaciones alpinas es la compresión global N-S que provocó el avance hacia el norte del macizo de Cinco Villas y su cobertera. Durante este proceso, la cobertera se deformó en una megaestructura sinclinal E-W sinquistosa, ligeramente vergente hacia el norte, el sinclinal de Vera. La deformación es máxima en el flanco sur, donde está recubierto por un frente de cabalgamientos amplios dispuestos en escalón debido a la dislocación producida por fallas transversales. El análisis de las características estructurales (pliegues y esquistosidad), indican una disminución de la intensidad de la deformación de Norte a Sur.

En esta zona, esta estructura se complica por la presencia del macizo de Larún. Los argumentos de orden sedimentológico y estructural demuestran que este contacto entre Cinco Villas y Larún es siempre tectónico, culminando al Oeste, en el pinzamiento de los materiales mesozoicos entre Larún y Cinco Villas, a lo largo de la falla de Aritxulegui.

3.4. CRONOLOGÍA DE LA DEFORMACIÓN.

La evolución tectónica de la región puede referirse a dos grandes ciclos, muy desigualmente representados en la Hoja: el ciclo hercínico, puesto de manifiesto por los materiales paleozoicos, que ocupan gran parte de toda esta zona y el ciclo alpino, caracterizado por los materiales mesozoicos, representados en el Sinclinal de Vera-Zugarramurdi, el Sinforme de Etxalar y en los afloramientos que aparecen a lo largo

de la falla de Aritxulegui. Además aparecen las deformaciones sufridas por la intrusión del stock granítico de Peñas de Aya.

El primer ciclo, el ciclo hercínico, se caracteriza por la existencia de tres fases de deformación, en los que destaca la primera fase, que origina pliegues isoclinales tumbados de dirección norteadada, con desarrollo de pizarrosidad acusada, subparalela a la estratificación, posteriormente se produce una nueva fase que produce pliegues angulares decimétricos de dirección NE-SW, con esquistosidad de crenulación vertical muy desarrollada y dominante en todo el macizo. La tercera fase origina pliegues angulares en zonas muy localizadas. Finalmente, en las etapas tardías de la deformación hercínica, se desarrollan kink-bands muy locales.

De estas fases, únicamente las dos primeras están presentes en todo el macizo, mientras que la tercera fase de pliegues angulares y kink-bands lo hacen en zonas muy localizadas y concretas.

Durante el período Estefaniense-Pérmico tuvo lugar una fase de fracturación a escala continental, conocida como etapa tardihercínica y caracterizada por la génesis de desgarres de direcciones NE-SO y NO-SE. Entre los accidentes tardihercínicos más destacados en la historia posterior de la región, se encuentran la Falla de Pamplona, situada al Este de esta zona, entre los macizos de Cinco Villas y Alduides, que representa el límite de la Zona Surpirenaica y la Cuenca Vasco-Cantábrica; y la Falla de Leiza, localizada al S del Macizo de Cinco Villas, que es la continuación occidental de la Falla Norpirenaica, y representa el límite entre las placas Ibérica y Europea, desempeñando un papel fundamental en la apertura del Golfo de Vizcaya, y como línea transformante durante la traslación y giro de Iberia.

Los accidentes tardihercínicos son de gran importancia en la historia tectónica de esta región, ya que constituyen un elemento fundamental durante el posterior ciclo alpino: Su reactivación durante la distensión mesozoica controló la geometría de las cuencas de sedimentación y durante la compresión terciaria actuaron como zonas de debilidad, a favor de las cuales se produciría el desplazamiento de cabalgamientos y desgarres.

En esta Hoja, la evolución tectónica durante el ciclo alpino, apenas puede reconstruirse, ya que los únicos rasgos que pertenecen a este ciclo aparecen

reflejados en los escasos depósitos pertenecientes al Mesozoico y a los que aparecen superpuestos a las estructuras paleozoicas en el macizo de Cinco Villas. Sin embargo, de la evolución general de la región se pueden extraer una serie de eventos producidos durante el ciclo alpino.

Durante la fase prealbiense, en relación con el giro sinextroso de Iberia respecto a la estable Europa, se produjeron las primeras diferenciaciones posthercínicas. En esta época se reactivaron las fracturas tardihercínicas, acompañadas de movimientos verticales, que ocasionaron el levantamiento de los macizos hercínicos, como el Cinco Villas, y el subsiguiente arrastre de gran parte de la cobertera permo-triásica.

Las siguientes fases de actividad tectónica tuvo lugar durante el rifting cretácico superior, en las que la compartimentación en bloques levantados y hundidos se acentuó aun más; así se produjo el levantamiento de los macizos de Cinco Villas y Larún, con la formación entre ellos de la cuenca de Vera.

Por último en las fases terciarias de plegamiento alpino, fase pirenaica, se produjeron deformaciones del zócalo con formación de pliegues y desarrollo de fracturas de gran envergadura. Es en este período cuando la falla de Aritxulegui alcanza su mayor desarrollo. El carácter dextroso de esta falla se explica como un accidente tardihercínico que rejuega ante unos esfuerzos submeridianos.

4. GEOMORFOLOGÍA

4.1. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

La hoja, a escala 1:25.000, de Vera de Bidasoa (65-II) pertenece a la Comunidad Foral de Navarra, situándose en el sector septentrional de la misma. La mitad norte de la superficie que representa la hoja pertenece a territorio francés. En general se trata de una zona de grandes relieves con importantes contrastes altimétricos. Hidrográficamente se sitúa en la vertiente cantábrica, destacando el río Bidasoa como cauce principal.

Geológicamente, ofrece gran diversidad de materiales que van desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, con ausencia de Terciario. La fisiografía está en relación directa con los principales dominios estructurales que se concretan en los siguientes: Macizo Paleozoico de Cinco Villas que ocupa gran parte de la hoja, Relieves Permo-Triásicos, Cuenca Cretácica de Zurragamurdi y Dominio de los valles fluviales. Los mayores relieves se encuentran en los dos primeros dominios donde la topografía es muy abrupta, con diferencias altimétricas acusadas debido al fuerte encajamiento de ríos y arroyos. Destacan como mayores alturas los montes Larún (884 m), Laruntxiki (698 m), Mendibil (609 m) y Peña Plata (740 m). Las menores están en el fondo de los valles, llegando a tener en el río Bidasoa cotas inferiores a 40 m.

La red de drenaje se ordena en torno al río Bidasoa, que desemboca en la vertiente cantábrica. Este río, desde la localidad de Oronoz, más al sur, hasta su nacimiento, recibe el nombre de río Baztán y recoge, en cabecera, precipitaciones de 1800 y 2000 mm anuales que discurren en régimen de tipo pluvial oceánico, caracterizado por un amplio período de altas aguas invernales y la poca intensidad de un reducido estiaje. Su cuenca drena gran parte del Macizo de Cinco Villas.

Las características climáticas más generales, referidas a precipitación y temperatura, se reflejan en el esquema morfoclimático, a escala 1:100000 que acompaña al mapa geomorfológico. En él se observa que la precipitación media está comprendida entre los 1400 y 1700 mm, correspondiendo los valores más altos del sector septentrional y los más bajos al meridional. Las temperaturas medias oscilan entre 8 y 10° C con máximas de 36°C y mínimas de -8° C. Aunque estos datos definen un tipo climático Mediterráneo con régimen de humedad Mediterráneo Húmedo, lo cierto es que hay

una cierta tendencia a la continentalidad y, una cierta influencia del clima de montaña con precipitaciones de carácter sólido.

La red de comunicaciones es escasa, destacando la carretera N-121 A que une el valle del río Bidasoa y la localidad de Pamplona con el país vecino. Entre las comarcas hay que mencionar la que recorre el valle del Bidaia y la NA-4401, al este, que procura la comunicación con la localidad de Zurragamurdi. En los sectores de menor topografía, hay una red de caminos de tierra que disminuye considerablemente su densidad a medida que el relieve se hace más abrupto, lo que impide el acceso a la totalidad de la superficie de la hoja.

El principal núcleo de población es Vera de Bidasoa, al oeste, seguido de Zurragamurdi, al este y de menor tamaño. El resto de la población se agrupa en pequeños caseríos dispersos por toda la superficie de la hoja, pero con una mayor concentración en los valles.

La principal ocupación de la zona se centra en la agricultura y la ganadería. Existe una importante riqueza maderera debido a los numerosos bosques existentes. Son de interés los bosques de hayas, además de tejos, serbales y una gran variedad de arbustos y plantas herbáceas. Existen prados con apariencia alpina aunque no son demasiado frecuentes.

4.2. ANTECEDENTES

Los trabajos geomorfológicos relativos a este sector del Pirineo Navarro Noroccidental, en principio, son muy escasos por no decir prácticamente inexistentes. Hay sin embargo, algunas cartografías y algunos textos de carácter general o regional que han servido de punto de partida a este estudio.

Uno de los mayores avances es el que se produce en las últimas décadas con motivo de la realización de las hojas geológicas, a escala 1:50.000, del Plan MAGNA. Entre ellas destacamos la de Tolosa (1.983), más al sur, en la que ya se incluye un mapa geomorfológico a escala 1:100000, donde se destacan algunos de los rasgos principales del relieve navarro. Con anterioridad se realiza una cartografía, a escala 1:25000, de la hoja de Vera de Bidasoa, por la Diputación Foral de Navarra. Ambas cartografías han sido la base de partida para el desarrollo de este trabajo.

Por otra parte, la realización por el I.T.G.E. del “Mapa del Cuaternario de España” a escala 1:1.000.000 y por el I.T.G.E. y ENRESA del “Mapa Neotectónico y Sismotectónico de España”, también a escala 1:1000000 contribuye con algunos datos, al conocimiento de este sector de Navarra.

También hay que destacar los trabajos efectuados por MARTÍNEZ TORRES (1.989), sobre el Manto de los Mármoles, donde hace mención a algunos aspectos del Cuaternario y de la tectónica reciente.

Finalmente, la realización de la cartografía geomorfológica, a escala 1:25.000, de la mayoría del territorio navarro, para el proyecto “Revisión de la Cartografía Geológica, a escala 1:25.000”, realizado por el Gobierno de Navarra, proyecto al que pertenece este estudio, y del que existen ya numerosas hojas confeccionadas, ha permitido obtener bastantes referencias sobre este sector.

4.3. ANALISIS MORFOLÓGICO

En este apartado se describe el relieve, teniendo en cuenta dos aspectos, 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.

4.3.1. Estudio morfoestructural

Desde el punto de vista geológico-estructural, esta zona se enmarca en el Pirineo occidental, en su confluencia con el Arco Vasco. El límite entre el Pirineo occidental y la Cuenca Vasco-Cantábrica es un accidente transversal a la cadena, de dirección NE-SO, conocido como falla de Pamplona, cuyo reflejo en superficie es la alineación de una serie de diapiros, conocidos como diapiros navarros.

Más concretamente y centrándose al ámbito de la hoja de Vera de Bidasoa, la estructura general de la misma se manifiesta según una dirección E-O, con un predominio de materiales paleozoicos, correspondientes al macizo de Cinco Villas. En el sector central, y con esta misma dirección, se sitúa la cuenca cretácica de Vera-Zurragamurdi, bordeada por los Relieves Permo-triásicos. La influencia de la estructura, junto a la litología, es muy patente, reflejándose en la distribución y disposición de la red de drenaje y en los grandes escarpes. Así, las áreas más suaves

se labran en el entorno del Cretácico y las más abruptas en el Macizo de Cinco Villas y en los conglomerados del Trías.

Más en detalle, hay que destacar los grandes escarpes del cuadrante NO (Montes Larún y Laruntxiki) y los de la esquina SE de la hoja (Peña Plata, Mendíbil, Aizparaz, etc...), con saltos superiores a 50 metros. También resaltan algunas crestas de dirección E-O, de gran y de pequeño salto. Se reconocen, además, escarpes menores, labrados en las capas más duras de las series monoclinales del Cretácico, replanos estructurales y algunos resaltes de capas duras. Hay que insistir en que la mayoría de las formas estructurales se dan en los materiales mesozoicos y que son debidas a la erosión, en una zona donde la litología es alternante y afectada por pliegues. Las capas duras, más resistentes a la erosión, resaltan en el proceso erosivo marcando la dirección de las principales estructuras. La intensa fracturación mutila el desarrollo de escarpes y crestas de largo recorrido, tan frecuentes en otros sectores septentrionales de Navarra.

La observación de la red de drenaje, aporta también datos sobre la gran influencia de la estructura en el 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 las zonas de debilidad como pueden ser una falla o fractura, una zona de materiales blandos o un contacto litológico.

Se observan dos direcciones preferentes: una meridiana E-O y la otra N-S. La primera corresponde a las estructuras principales y la segunda, se acerca más a la fracturación y a la dirección de máxima pendiente. Aparece una tercera dirección, la NO-SE pero, casi siempre, en el Macizo de Cinco Villas. La morfología general de la red de drenaje, en planta, es de tipo dendrítico con densidad media. Este tipo de red es característica de zonas donde la litología es muy homogénea o donde existe una litología alternante dispuesta en series monoclinales. La homogeneidad se encuentra en el Macizo de Cinco Villas y la alternancia en los materiales mesozoicos.

4.3.2. Estudio del modelado

En este apartado se consideran todas las formas cartografiadas, tanto las erosivas como las sedimentarias, así como los procesos que las han generado. Se describen

por su forma, distribución espacial y tamaño y, además, se analizan las relaciones entre unas y otras.

4.3.2.1. Formas de ladera

Dentro de este grupo se han cartografiado: coluviones, deslizamientos, desprendimientos y avalanchas de bloques.

Los coluviones son formas de ladera que se desarrollan por lo general al pie de las mismas, formando bandas alargadas paralelas a los cauces. Son normalmente de pequeño tamaño, aunque en la hoja de Vera de Bidasoa, muchos alcanzan un gran desarrollo, sobre todo al pie de los grandes escarpes. De gran espectacularidad son los formados en las laderas de los montes Larún, Ibantelly e Ibaineta. Están formados por una acumulación caótica de cantos y bloques, con una matriz arcillosa con arenas. También son frecuentes, al pie de las laderas de los principales valles, descansando sobre los depósitos del fondo o interdentándose con ellos. En este grupo se han incluido, además, los canchales puesto que no siempre es fácil diferenciarlos de los coluviones. En muchas ocasiones, estos depósitos parecen una simple acumulación de cantos y bloques sin matriz, pero en realidad se trata de coluviones que han sufrido un proceso de lavado superficial que se ha llevado los elementos más finos, pero cuando se logra observar un corte de estas acumulaciones, se ve que tienen las características propias de los coluviones. También se han considerado otros depósitos, los derrubios ordenados, que aunque han sido observados puntualmente, la escasez de cortes y una cobertura vegetal tupida, no siempre permite su diferenciación.

Los deslizamientos que aparecen en esta hoja son de pequeño tamaño y no muy abundantes. Todos ellos se desarrollan en las pizarras del Macizo Paleozoico de Cinco Villas. Como se observa en la cartografía, es fácil distinguir en todos ellos la cicatriz de despegue y el depósito, aunque, algunas veces, éste último ha desaparecido por erosión fluvial. Algunos son de carácter rotacional y otros de carácter mixto entre rotacionales y solifluidales. Los deslizamientos están constituidos por una masa caótica de bloques y arcillas, pero, a veces, los bloques son de gran tamaño y consistiendo en el material original transportado más abajo y afectado por escasas modificaciones. Uno de los mejores ejemplos se puede observar al sur de la hoja, en los alrededores del caserío de Gorosurreta Auzoa. La edad, siempre

holocena, puede ofrecer variaciones dentro de este periodo, pues algunos deslizamientos parecen muy recientes y otros, algo más antiguos ya que están muy estabilizados y sobre ellos se han realizado construcciones como sucede en el caso anteriormente citado.

También se tienen en cuenta los desprendimientos aunque no constituyen una unidad geomorfológica con límites precisos, sino un dato de carácter puntual. Ahora bien, conviene mencionarlos, a pesar de ello, por las dimensiones que a veces alcanzan los bloques caídos y por el riesgo que ello conlleva. Se distribuyen, en general, por debajo de algunos taludes, escarpes y aristas de gran envergadura, donde el frente se desarrolla sobre unos materiales duros (conglomerados del Trías, grauvacas paleozoicas, etc.). El proceso de desencadena cuando el agua meteórica penetra por las numerosas discontinuidades (grietas, fracturas, etc...) provocando la apertura de las mismas por los cambios de temperatura. Es, entonces, cuando se produce el aislamiento de los bloques que, en posición de inestabilidad en el frente del escarpe, tienden a caer por gravedad, depositándose a cotas inferiores del talud. Los mejores ejemplos son los formados bajo los escarpes de los montes Larún, Laruntxika, Mendíbil, Peña Plata, etc.

En cuanto a las avalanchas de bloques hay que señalar que son relativamente frecuentes al pie de los grandes escarpes y suelen alternar con los coluviones. Al observar el mapa geomorfológico, se ve que la mayor concentración está en el extremo sureste de la hoja, en el paraje de Txirripa, al sur del monte Aizparraz y al oeste de Iriarteko Borda. Se producen en las cabeceras de algunos de los cauces, siguiendo la línea de drenaje. Por su aspecto superficial parece que se formaran a bocanadas, después de fuertes lluvias y de forma similar a los ríos de piedra. Son depósitos muy lavados, con abundancia de grandes bloques, aunque también están constituidos por fragmentos menores. Parecen de formación muy reciente.

4.3.2.2. Formas fluviales

Dentro de la hoja de Vera de Bidasoa, las formas fluviales alcanzan un notable desarrollo, siendo los depósitos del río Bidasoa y los de algunos cauces secundarios, las formas más características. También es importante la morfología de carácter erosivo con incisiones, arroyada, etc.

En general se trata de depósitos de fondo de valle, litológicamente constituidos por cantos y gravas de cuarcitas, cuarzo, calizas y areniscas con una matriz arcilloso-arenosa. Se presentan, en planta, como formas alargadas y estrechas cuyas direcciones preferentes se orientan según las estructuras y la fracturación. La anchura de los mismos varía entre pocos y 500 m.. Son zonas llanas con un suelo de vega poco evolucionado, de color pardo que se utiliza mayoritariamente para cultivos y huertos familiares. . Destacan los fondos de los ríos Bidasoa, anteriormente citado, y Bidaia, el del arroyo Mugako y los de la mayoría de los arroyos situados al norte de Zurragamurdi.

Los conos de deyección se localizan, principalmente, en los valles de los ríos Bidasoa y Bidaia. Se originan a la salida de algunos arroyos y barrancos en la confluencia con estos cauces de rango superior. Son de pequeñas dimensiones y se caracterizan por su típica forma en abanico y por su perfil convexo. Los conos de deyección, puesto que proceden de los arroyos menores, ofrecen variaciones locales en la litología de sus elementos dependiendo de la formación geológica que los alimenta. Los cantos son muy variables desde el sector apical hasta el distal, en el que predominan los sedimentos más finos. La potencia, dentro del mismo depósito, puede oscilar desde pocos cms, hasta varios metros.

En cuanto a las formas de carácter erosivo se han reconocido y cartografiado zonas de excavación lateral de los cauces, muy notables en el valle del Bidasoa y en el arroyo Mugako, con formación de escarpes de paredes verticales en los que se producen inestabilidades. También hay procesos de incisión vertical en las cabeceras de ríos y arroyos, dando lugar a una importante red erosiva. Entre arroyo y arroyo, y debido a esta incisión acusada, las divisorias suelen ser muy agudas dando lugar a lo que se conoce como aristas. También en algunas laderas se observan surcos producidos por los procesos de arroyada difusa.

4.3.2.3. Formas kársticas

La unidad más característica dentro del sistema kárstico es la dolina. Se trata de una forma exokárstica, suficientemente conocida pero que puede ofrecer morfologías muy diversas. En el mapa geomorfológico sólo se han diferenciado dolinas y uvalas y los únicos ejemplos se encuentran en las proximidades de la localidad de Zugarramurdi, donde presentan una forma alargada, en sentido E-O, de unos 500 m, de longitud. El

relleno de arcillas rojas está actualmente ocupado por un inmenso prado que impide la observación de sus depósitos, de todas maneras, todavía puede observarse el escarpe, aunque algo degradado. Existen, además, pequeñas dolinas en embudo.

4.3.2.4. Formas poligénicas

A este grupo pertenecen todas aquellas formas que son el resultado de la actuación de varios procesos. En la hoja de Vera de Bidasoa, la única representación la constituyen una serie de divisorias suaves, tan abundantes como las aristas y que alcanzan su mayor desarrollo en los cretácicos de la Cuenca de Vera-Zurrugamurdi. Su formación es debida a procesos fluviales y quizás edáficos porque este tipo de divisorias suelen tener siempre un pequeño suelo o un material de alteración, aunque casi siempre de poco desarrollo.

4.3.2.5. Formas lacustres

Están formados por sedimentos finos con un cierto contenido en materia orgánica. Se origina en áreas ligeramente deprimidas donde existe un drenaje deficiente. El único ejemplo se encuentra en el país vecino, en la ladera norte del Monte Larún. Se trata de un pequeño reducto de contorno redondeado, donde se acumulan los materiales anteriormente citados. Es frecuente que en este tipo de depósitos se desarrollen, a techo, suelos grises de carácter vértico.

4.4. FORMACIONES SUPERFICIALES

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

La principal característica que poseen es su cartografiabilidad a la escala de trabajo. Por otra parte deben quedar definidas por una serie de atributos tales como geometría, textura, génesis, potencia y, en ocasiones, edad.

Las formaciones superficiales de origen fluvial están representadas por los fondos de valle y los coluviones. Los fondos de valle, al igual que en las hojas contiguas, están constituidos por cantos, gravas, arenas y arcillas. Los cantos y gravas son de

naturaleza cuarcítica y caliza fundamentalmente, apareciendo además elementos de cuarzo, areniscas y algunas grauvacas. El tamaño medio está comprendido entre 5 y 7 m, con bastantes clastos de mayor tamaño. La matriz arenoso-arcillosa es pardo o pardo-grisácea y presenta algunas concentraciones de carbonatos. La potencia de estos depósitos oscila entre 2 y 5 m, aunque puntualmente puede ser mayor. Sobre estos depósitos también se desarrolla un suelo pardo de vega, poco evolucionado.

En cuanto a los conos de deyección, puesto que proceden de los arroyos menores, ofrecen variaciones locales en la litología de sus elementos, dependiendo de los materiales que los alimenten. El tamaño de sus cantos es muy variable desde el sector apical al distal, en el que predominan los sedimentos finos. La potencia dentro del mismo depósito puede oscilar entre pocos cms y varios metros. Los mejores ejemplos son los que aparecen en los valles del Bidasoa y del Bidaia. Tanto los fondos de valle como los conos de deyección se consideran de edad holocena.

Las formaciones superficiales de ladera están constituidas por coluviones, deslizamientos y avalanchas de bloques. Los primeros se caracterizan por tener litología y textura heterogéneas y una escasa compacidad. Cada uno de ellos depende de los materiales existentes en la parte superior de la ladera, por lo que un coluvión puede estar formado por una acumulación de bloques con pocos finos, mientras que otros lo están por una acumulación de finos con fragmentos angulosos de varios tipos, es decir, de calizas, cuarcitas, areniscas, grauvacas, conglomerados etc. El tamaño de los clastos, como ya se ha señalado, es bastante variable, pero en los grandes coluviones pueden encontrarse algunos fragmentos enormes, con dimensiones de orden métrico. Destacan los situados en las laderas de los grandes escarpes como las de los montes Larún, Ibantelly, Peña Plata y Mendíbil. También se forman en los principales valles donde aparecen interdentándose o superponiéndose a los depósitos aluviales. En definitiva, se trata de depósitos poco coherentes con un espesor muy variable y con una edad holocena.

Los deslizamientos están constituidos por una masa caótica de bloques y arcillas, pero, a veces, estos bloques son de gran tamaño y otras son casi el material original, transportado y afectado por escasas modificaciones. La potencia de la masa en movimiento puede llegar en algunos casos a tener unos 15-20 metros. Uno de los mejores ejemplos se puede observar al sur de la hoja en los alrededores del caserío de Gorosurreta Auzoa. La edad, siempre holocena, es variable pues algunos

deslizamientos parecen muy recientes y otros algo más antiguos porque están muy estabilizados, como sucede en el ejemplo anteriormente citado.

Por lo que se refiere a las avalanchas de bloques, es frecuente encontrarlas al pie de los grandes escarpes y alternando con los grandes coluviones. Al observar el mapa geomorfológico, se ve que la mayor concentración está en el extremo sureste de la hoja, en el paraje de Txirripa, también al sur del monte Aizparraz y al oeste de Iriarteko Borda. Se producen en las cabeceras de algunos de los cauces, siguiendo la principal línea de drenaje. Por su aspecto superficial parece que se formaran a bocanadas, después de fuertes lluvias, de forma similar a los ríos de piedra. Son depósitos muy lavados, con abundancia de grandes bloques, aunque también están constituidos por fragmentos menores. Parecen de formación muy reciente.

Las formaciones superficiales de origen kárstico se reducen a las arcillas rojas de descalcificación que quedan en el fondo de algunas dolinas. Son de color pardo rojizo y constituyen el producto residual de la disolución de los carbonatos. La naturaleza de este material es principalmente arcillosa, aunque siempre contiene un cierto porcentaje de limo, arena e incluso fragmentos de rocas carbonatadas desprendidas de las paredes de las dolinas. En la hoja de estudio, los únicos ejemplos se encuentran en las proximidades de la localidad de Zugarramurdi, donde lo más patente son unas dolinas, o mejor, uvalas de forma alargada, en sentido E-O y de unos 500 m, aproximadamente de largo. Su relleno de arcillas rojas está actualmente ocupado por un inmenso prado que impide la observación de los depósitos. Los procesos kársticos parecen iniciarse a finales del Terciario, más o menos en el Plioceno, y continúan durante todo el Cuaternario, siendo, en muchos casos, funcionales en la actualidad.

Las formaciones superficiales de origen lacustre están formadas por sedimentos finos con un cierto contenido en materia orgánica. Se originan en áreas ligeramente deprimidas donde existe un drenaje deficiente. El único ejemplo se encuentra en el país vecino, en la ladera norte del Monte Larún. Se trata de un pequeño reducto de contorno redondeado, donde se acumulan los materiales anteriormente citados. Es frecuente que en este tipo de depósitos se desarrollen, a techo, suelos grises de carácter vértico. La edad de estos depósitos se considera Holoceno.

4.5. EVOLUCION GEOMORFOLOGICA

La evolución geomorfológica de un sector reducido es difícil de establecer sin tener en cuenta el contexto regional en el que se sitúa. En este sentido, la hoja de Vera de Bidasoa, a escala 1:25.000, se sitúa en los Pirineos occidentales y más concretamente, próxima al contacto con la Zona Axial y el Arco Vasco. La tectónica es muy complicada debido a la cercanía de la confluencia de dos grandes fallas; la falla de Pamplona y la falla de Leiza, continuación esta última de la falla Norpirenaica.

Desde un punto de vista geomorfológico, el nivel de referencia más antiguo, con rasgos claros en el relieve, es una superficie de erosión, que aunque no aparecen en esta hoja, pero que lo hace lo hace en las próximas de Cizur y Garralda. El problema principal de esta superficie es conocer su edad puesto que no existen sedimentos recientes próximos que puedan correlacionarse con ella. No obstante, este arrasamiento podría homologarse con la Superficie de Erosión Fundamental de la Cordillera Ibérica (PEÑA et al, 1984), tanto por sus características, como por los materiales sobre los que se desarrolla y por las cotas a las que aparece, entre 1.000 y 1.100 m. En este caso su edad sería Vallesiense-Plioceno, asignándole una cronología amplia, y coincidiendo con el final del ciclo neógeno, representado en las grandes cuencas por las calizas del Páramo. A pesar de ello, la ausencia, en este sector, de depósitos de esta edad, impide reconstruir de manera precisa la evolución reciente.

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

A partir de este encajamiento se producen una serie de procesos erosivos y sedimentarios que van modelando la superficie. Por una parte, los cauces principales van erosionando los relieves produciendo un vaciado importante, pero que en los momentos de avenida, dejan su huella por medio de una serie de depósitos conocidos como terrazas. Paralelamente, en las laderas, existen también áreas de erosión y áreas de sedimentación, dándose, en estas últimas coluviones, canchales, deslizamientos, desprendimientos etc.

A medida que el Cuaternario avanza (Pleistoceno medio y superior) la red fluvial sigue su encajamiento iniciándose la instalación de la red secundaria. Todo ello implica que las laderas siguen modelándose y que se crean nuevos interfluvios. La morfología de las vertientes (cóncavas, convexas, 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 estos procesos se van desarrollando, tienen lugar otra serie de manifestaciones: kársticas, lacustres, e incluso periglaciares periglaciares, etc... que contribuyen a definir, e incluso a modificar la morfología local.

4.6. PROCESOS ACTUALES

La superficie representada por la hoja de Vera de Bidasoa alberga una serie de procesos, funcionales en la actualidad que, aunque no son de gran envergadura, deben ser tenidos en cuenta de cara a su futura evolución o a las consecuencias inmediatas que puedan producir. Estos procesos son:

- Fluviales
- De gravedad
- Kársticos
- Lacustres

Los procesos fluviales son quizás los más interesantes, destacando en la mayoría de los relieves, una importante red de incisión vertical. Ello es debido en gran parte a las fuertes pendientes y a la red de fracturas que afectan a estos macizos, también influye la existencia de una litología alternante. Otro proceso de erosión fluvial es la que se produce en los cauces, pero con componente lateral, como sucede en los codos y meandros de los ríos Bidasoa y Bidaia. La erosión se produce en las márgenes cóncavas, produciéndose, en numerosas ocasiones, taludes verticales con pequeñas inestabilidades.

Por lo que a las vertientes se refiere, sólo pueden mencionarse las caídas de bloques o desprendimientos y los deslizamientos. Los primeros se dan al pie de algunas

crestas, aristas y escarpes, como en Larún, Laruntxiki, Mendíbil, etc. La fracturación, unida a una climatología fundamentalmente húmeda, produce la apertura y ensanchamiento de grietas y diaclasas y con ello, el aislamiento de bloques. Estos bloques, situados en el escarpe y que se encuentran en una posición inestable, tenderán a caer, por gravedad, en cuanto las condiciones sean idóneas.

También se dan procesos de karstificación y de endorreísmo pero son, todos ellos, de reducidas dimensiones.

A la vista de los procesos contemplados y teniendo en cuenta las características de este sector, no se prevén cambios importantes de la morfología en un futuro inmediato. Sin embargo las alteraciones mayores de carácter local se deberán a la acción fluvial.

5. PETROLOGÍA

Las rocas filonianas y subvolcánicas que afloran en la Hoja de Vera de Bidasoa, lo hacen asociadas a los materiales pelíticos carboníferos, en el primer caso, en forma de cuarzo y a los sedimentos mesozoicos, en el segundo como ofitas que has extruido a favor de fracturas preexistentes. En el caso de los filones de cuarzo, aunque su espesor es relativamente pequeño, apenas dos o tres metros en la mayoría de los caos, en la cartografía se han reflejado con mayor espesor para delimitar de la mejor manera posible su localización.

5.1. ROCAS FILONIANAS

5.1.1.1. Cuarzo (nivel 7)

Los filones de cuarzo se desarrollan siguiendo direcciones preferentes de fractura, y aparecen encajados principalmente en los esquistos y pizarras paleozoicas. Se trata de un cuarzo lechoso, en el que aparecen muy frecuentes tintes amarillos y anaranjados debido a la presencia de óxidos de hierro.

5.2. ROCAS ÍGNEAS

Están representadas por masas de rocas subvolcánicas que tradicionalmente han sido asignadas a dos grupos petrológicos: diabasas (nivel 2) y ofitas (nivel 1). No obstante, se trata de dos denominaciones poco afortunadas, pues bajo cada una de ellas se engloban diversos tipos petrológicos, constituyendo sus respectivos encajantes, la única diferencia clara entre ambas.

5.2.1.1. Diabasas (nivel 2)

Aparecen como rocas holocristalinas hipidiomorfas equigranulares y, más raramente, porfídicas. Presentan textura ofítica, siendo sus principales constituyentes plagioclasa y piroxeno, con proporciones moderadas de biotita, con frecuencia alterada a clorita, liberando óxidos de hierro.

La ausencia de estudios relativos a estos materiales impide profundizar sobre su génesis. Su similitud con las ofitas encajadas en rocas mesozoicas sugiere un

estrecho vínculo genético con ellas, relacionándose en ese caso con el episodio magmático acontecido durante el Lías inferior, emplazándose en un nivel estructural al de las ofitas. Igualmente, siguiendo esta línea de razonamiento podría pensarse que las diabasas corresponden a los equivalentes profundos de las rocas interestratificadas entre los sedimentos pérmicos. En cualquier caso, la resolución de este problema debe pasar por la realización de estudios geoquímicos de cierto detalle.

5.2.1.2. Ofitas (nivel 1)

Bajo la clásica denominación de ofitas, se engloba una serie de familias de rocas de composición basáltico-andesítica, aflorantes como masas irregulares, de tonos verdosos y aspecto homogéneo. En ellas, predomina la textura ofítica, con plagioclasa y clinopiroxeno como minerales fundamentales, junto a los que pueden aparecer: apatito, magnetita, feldespato potásico, anfíbol, epidota, ilmenita y esfena como accesorios, siendo la clorita el mineral secundario más frecuente, en buena parte como producto de alteración de olivino. El grado de alteración es muy variable, siendo máximo en las zonas de diaclasas, aunque en los afloramientos observados es alto.

No existe acuerdo entre los diversos autores con respecto a su edad de emplazamiento. Así, las dataciones absolutas aportadas por WALGENWITZ (1.976), sugieren su ubicación durante el Sinemuriense, en tanto que otros autores han señalado su emplazamiento próximo al límite Triásico-Jurásico.

En esta Hoja aparecen en tres pequeños afloramientos asociados a la falla de Vera. En campo resulta muy difícil su observación al estar muy alterados únicamente, un afloramiento en un arroyo afluente del río Zía, permite su observación en condiciones poco alteradas. Los otros dos aparecen siempre muy alterados y solamente algunos pequeños afloramientos y algunos bloques sueltos tapizando las laderas permiten ubicar su situación.

5.2.1.3. Basaltos (nivel 44)

Relacionados con los depósitos arcillosos del Pérmico, aparecen en las laderas de los montes Larún e Ibantelly, unos niveles interestratificados de basaltos.

Se trata de rocas de textura holocristalina e hipidiomorfa y son de grano fino. Su mineralogía se compone esencialmente de plagioclasas, que muy raramente aparecen como fenocristales; llegan a suponer el 70% de su mineralogía. Como minerales accesorios aparecen restos de piroxenos muy alterados.

5.3. METAMORFISMO REGIONAL

Como señala PESQUERA (1985), es difícil establecer las condiciones físicas del metamorfismo regional del macizo de Cinco Villas. Supone que se ha desarrollado a temperaturas menores de 450° en un régimen de bajas presiones. Para llegar a esta conclusión, se basa en los cambios mineralógicos, como el grado de variación de la illita, ya que su cristalinidad aumenta progresivamente, hasta marcar unas claras condiciones epimetamórficas, donde se desarrollan una zona de clorita y una zona de biotita restringidas a dos áreas concretas del macizo (fig 4.1).

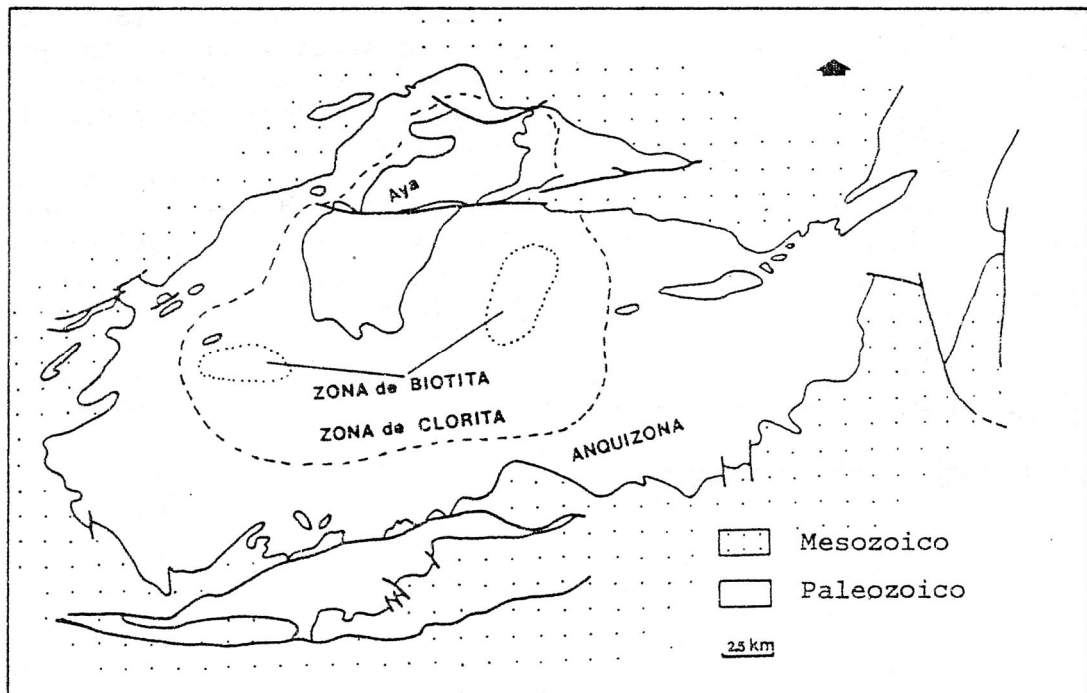


Fig 4.1 Límite anquizona-epizona y distribución aproximada de la zona de la biotita en Cinco Villas. PESQUERA (1985)

Cualquier otra consideración acerca de la naturaleza de los fluidos, señala, es más incierta todavía, aunque señala que, siendo el grado de grafitización de la materia carbonosa similar que en las zonas homólogas de la aureola de contacto, podría

indicar que el metamorfismo regional se produjo como respuesta a la existencia de domos térmicos generados probablemente por cuerpos ígneos intrusivos. Por estos motivos, concluye, los fenómenos de plutonismo, metamorfismo y deformación constituyeron un fenómeno conjunto en un momento dado de la historia hercínica.

6. HISTORIA GEOLÓGICA

En este apartado se pretende dar una visión generalizada de la evolución paleogeológica de la zona que se extiende por las Hojas a escala 1:50.000 nº 64 (San Sebastián) y nº 65 (Vera de Bidasoa).

En su realización, se ha prestado especial atención a los eventos tectónicos principales y a los ciclos sedimentarios que afectan a este sector de las estribaciones de la cordillera pirenaica

En esta región y a grandes rasgos, la historia puede referirse a dos ciclos orogénicos principales: hercínico y alpino.

6.1. EL CICLO HERCÍNICO

Los terrenos más antiguos aflorantes en esta región se remontan al Devónico, que en el macizo de Cinco Villas, incluido dentro del Dominio Europeo, presenta diversidad de facies en general de ambientes marinos someros. En estas hojas, la tectónica ha influido notablemente en la serie devónica, presentándose como escamas sobre el Carbonífero, lo que no permite observar una columna litológica continua que pudiera indicar la evolución sedimentológica en la cuenca durante este periodo.

Los materiales más antiguos, datados como Siegeniense-Eifeliense, corresponden a unas areniscas blancas masivas, que debieron depositarse en zonas marinas de plataforma somera. Por encima de estas areniscas aparecen unos esquistos negros con intercalaciones de areniscas pertenecientes a las Fm. Oronoz y Kalforro, indicando que la sedimentación continua en ambientes someros de plataforma.

La formación más potente del Devónico, de edad Eifeliense-Frasniense esta formada por esquistos arenosos y calcáreos. La presencia de estructuras “flasers” y “linsens” indica condiciones ambientales de transición, fundamentalmente mareales, con etapas de predominio marino y la sedimentación de barras calcáreas. Es una serie potente, de 800 metros aproximadamente, lo que indica una gran influencia tectónica en las etapas de sedimentación, con una importante subsidencia en la cuenca, que marcaría el inicio de las posteriores etapas de inestabilidad.

Posteriormente a esta etapa, las cuencas se homogenizan, dando lugar a una etapa en la que la influencia de la tectónica en la sedimentación, marcan el tipo de depósitos. Es en estas circunstancias cuando se produce la sedimentación alternante de detríticos finos y más groseros, que dio lugar a la serie “flyschoides” carbonífera de tipo “Culm” indicando el comienzo de la actividad tectónica. En la base de esta serie, y en zonas próximas a los bordes de las plataformas, se depositó una potente serie de calizas marmóreas. Estas calizas podrían representar complejos arrecifales desarrollados en los márgenes de la plataforma.

Como se ha indicado anteriormente, los primeros procesos de deformación a gran escala tuvieron lugar con posterioridad a la sedimentación de la serie pelítica carbonífera y constituyen los primeros procesos de la orogenia hercínica propiamente dicha. Durante esta fase se produjo la generación de sistemas de plegamiento N-S y NE-SO. En este sector del sistema pirenaico, la principal consecuencia tectónica, consistió en el desarrollo de un cinturón de cabalgamientos, que provocó la superposición del dominio oriental sobre el dominio occidental constituido fundamentalmente por la serie pelítica carbonífera en facies “Culm” cuya sedimentación ya indicaba la inestabilidad tectónica posterior.

La culminación de estos procesos hercínicos tuvo como consecuencia la emersión de las cordilleras durante el Estefaniense, iniciándose los procesos de desmantelamiento de sus relieves, que marcan el final del ciclo orogénico hercínico.

Durante estos episodios es cuando se produce la intrusión del macizo granítico de Peñas de Aya, ocasionando una estrecha aureola de metamorfismo y deformando los materiales carboníferos en los que se encaja.

6.2. EL CICLO ALPINO

El denominado período tardihercínico, acaecido en el intervalo Estefaniense-Pérmico, constituyó un episodio de envergadura continental fundamental para la evolución posterior, correspondiente al ciclo Alpino. Los desgarres generados, de direcciones NE-SO, NO-SE y E-O, controlaron la geometría de las cuencas de sedimentación mesozoicas y más tarde, durante la compresión terciaria, actuaron como zonas de debilidad a favor de las cuales, se siguieron produciendo los desplazamientos de cabalgamientos y desgarres. Entre dichos accidentes se encuentran las fallas de

Pamplona y Norpirenáica, esta última actuando como límite entre las placas Ibérica y Europea.

La estructuración tardihercínica configuró la región como una serie de horsts y grabens paralelos a los accidentes principales en un proceso de rifting intracontinental que condicionó la sedimentación posterior.

En el Pérmico, en esta zona, la fase "saalica", que origina una discordancia entre el Rothliegiense y el Pérmico Superior, periodo en el que se produjo una intensa actividad volcánica que se tradujo en la aparición de basaltos en las áreas de Larún e Ibantelly.

El relleno sedimentario de los surcos dio comienzo por las zonas más deprimidas, durante el Pérmico, periodo en el que se produce la primera sedimentación importante después de la finalización de la orogenia hercínica. Esta sedimentación se origina en pequeñas cuencas de carácter intramontano, con sedimentos procedentes de los macizos elevados, apareciendo con materiales groseros en la base y más finos hacia arriba. La progresión de los rellenos aumentó paulatinamente el área sedimentaria, favoreciendo una disminución energética. Así las cuencas casi colmatadas durante el Pérmico fueron recubiertas por un Triásico en facies "germánica". Los primeros pisos del Buntsandstein sugieren esta disminución energética, con la sedimentación de depósitos fluviales y aluviales que aparecen en las áreas de Larún, sinforme de Etxalar y Legate. En algunas zonas, como el sinforme de Etxalar y zona de Zugarramurdi, esta colmatación concluye con una serie de episodios arcillosos que culminan el relleno de las cuencas.

Según algunos autores (MONTADERT y WINNOCK, 1971), esta etapa correspondería a la primera fase de apertura del Golfo de Gascuña.

Con posterioridad a esta colmatación de las cuencas, la región habría sido nivelada y un ascenso relativo del nivel del mar propiciaría la instalación de una plataforma carbonatada somera en la que se produjo el depósito de la facies "Muschelkalk", que sin embargo, en esta zona solamente está representado en el Sinforme de Etxalar y en pequeños afloramientos.

Durante el periodo Triásico Superior-Cretácico Inferior no existen en toda esta zona indicios directos de sedimentación, debido fundamentalmente a que esta zona constituyó un alto relativo en la sedimentación en estos momentos en que la plataforma se encuentra muy compartimentada, dando lugar a etapas de no sedimentación y a importantes periodos de erosión del material sedimentado anteriormente.

Según los datos regionales, en el Jurásico inferior, se instaló una vasta plataforma carbonatada en un contexto tectónico relativamente estable. En estos sectores, la fase neokimérica, originó el levantamiento de los macizos hercínicos con el consiguiente arrastre de los recubrimientos permotriásicos. Los efectos ocasionados por esta orogénesis se prolongarán durante parte del Cretácico inferior, puestos de manifiesto mediante movimientos distensivos, relacionados con los procesos de rifting del Golfo de Vizcaya y el comienzo de la deriva de la placa Ibérica hacia Europa, originándose dos márgenes, ibérica y europea, separadas por una cuenca axial de dirección N110° a N120°.

Esta deriva antihoraria de Iberia con respecto a Europa tuvo su principal reflejo durante el Albiense, en la que la fase austrica dio lugar a una nueva reestructuración general. Su principal efecto es la elevación de los macizos paleozoicos, en esta zona los de Larún y Cinco Villas, con la formación entre ellos de la cuenca de Vera, en una distribución próxima a la actual.

Durante el periodo Albiense-Cenomaniense, el ciclo sedimentario se traduce en una acentuación de la distensión entre las dos placas continentales, que coincide sensiblemente con el comienzo de la expansión oceánica en el Golfo de Gascuña. Esta distensión es la responsable de la formación de fosas tectónicas, que en esta zona, están controladas por fallas de dirección E-O y N-S, reactivación de las direcciones principales hercínicas.

La sedimentación, en esta cuenca de Vera, es detrítica, con aportes procedentes de los macizos paleozoicos de Larún y Cinco Villas. Se produce además, en esta cuenca, una sedimentación de tipo subarrecifal en condiciones restringidas, a diferencia de otras cuencas cretácicas más abiertas.

En el Albiense superior-Cenomaniense, la elevación del nivel marino y la continuación de la tectónica distensiva favorece la progradación de la plataforma incluso sobre el sustrato, representados en esta zona por depósitos de calizas arcillosas.

Finalmente, en esta cuenca de Vera-Zugarramurdi, la etapa distensiva tuvo su culminación con el máximo desarrollo de este graben entre una zona de talud, el macizo de Larún, y un dominio de plataforma estable, el macizo de Cinco Villas, que produjo el paso hacia sedimentos de tipo turbidítico.

A partir del Campaniense, la falta de registro sedimentario más moderno no nos permite conocer la evolución posterior de la región. No obstante, y a grandes rasgos, durante el Cretácico superior y el Paleoceno, continúa la sedimentación turbidítica, en una cuenca tectónicamente estable con ciertos estadios concretos de inestabilidad.

Durante el Paleoceno Medio aparecen unas nuevas inestabilidades que se desarrollan hasta el Eoceno Medio. La deformación de esta zona a partir del Luteciense, resulta del movimiento hacia el Norte de las unidades meridionales. Es en esta época cuando las principales fases pirenaicas se pliegan y emergen los materiales depositados, hasta el Oligoceno, cuando tiene lugar la mayor actividad orogénica que culmina en la emersión de todos los relieves tal y como aparecen en la actualidad.

7. GEOLOGÍA ECONÓMICA

7.1. RECURSOS MINERALES

La actividad minera en el ámbito de la hoja de Vera de Bidasoa en la actualidad es prácticamente inexistente, reducida a la explotación de una cantera de caliza, inmediatamente al sur de Vera y a la explotación intermitente, aunque prácticamente abandonada, de dos canteras de arenisca en las proximidades de la localidad de Zugarramurdi. El resto de indicios se reducen a tres manifestaciones de Hierro y a cuatro antiguas explotaciones, hoy abandonadas, de carbón.

7.1.1. Minerales metálicos y no metálicos

7.1.1.1. Hierro

En la hoja de Vera de Bidasoa se localizan tres indicios: uno de ellos en el término de Vera y dos en Lesaka.

Como en el resto de Cinco Villas, las mineralizaciones de hierro son de carácter filoniano y ocupan una posición perigranítica en pizarras o en calizas. El mineral principal es la siderita, al que van asociados otros sulfuros. En algunos casos, se explotaban óxidos e hidróxidos de hierro, e incluso hematites.

Los tres indicios de Hierro se sitúan al sur de Vera de Bidasoa, muy próximos entre sí y están encajados en pizarras y esquistos carboníferos.

7.1.2. Rocas industriales y energéticas

Pertencen a este grupo la única explotación en funcionamiento de caliza, dos explotaciones intermitentes de losas de arenisca en Zugarramurdi y los indicios de antiguas explotaciones de carbón, cuatro en total.

7.1.2.1. Caliza

Se trata de la explotación de Armasa en Arkaítza, que explota las calizas con Toucasia cretácicas

7.1.2.2. Arenisca

En los alrededores de Zugarramurdi se localizan dos explotaciones de losas de arenisca, que, si bien, siempre funcionaron de forma intermitente, en la actualidad, su actividad es prácticamente nula. En ellas se extraían losas pertenecientes al Buntsandstein, para su uso en el mercado comarcal y su exportación a la vecina Francia.

7.1.2.3. Carbón

De los cuatro indicios de carbón que se localizan en la hoja, el más importante se sitúa en las proximidades del collado de Ibardín, en unas minas hoy abandonadas de antracita, dentro de los materiales pelíticos carboníferos. Esta antracita, con alto contenido en azufre, se explotaba en tiempos de escasez, con cierta intensidad, como lo demuestra el tamaño de sus escombreras.

El resto de indicios son de menor entidad y se localizan en las zonas de Sorako Gaina, dentro del municipio de Vera, y de Labeaga y Palomeras en el término municipal de Etxalar.

7.1.3. Interés potencial de los recursos mineros

El precario conocimiento existente con respecto a minerales metálicos y explotaciones en todo el ámbito navarro hacen que su aprovechamiento futuro sea contemplado como algo remoto y que, en cualquier caso, pasaría por la realización de estudios geológico-mineros que determinasen la ubicación y ley de los yacimientos.

Las rocas industriales parecen ofrecer un futuro más prometedor a juzgar por sus demandas actuales y por su abundancia en el marco de la Hoja. Entre ellos, el granito y la caliza constituye una de las sustancias de mayor interés actualmente, existiendo importantes afloramientos en la región; de ellos, destacan por su extensión y accesibilidad los granitos de Peñas de Aya y las Calizas de Aranaz en el borde suroriental de la Hoja, cuya aplicación más inmediata son los áridos empleados para diversos tipos de obras públicas. Por el contrario, las pizarras y esquistos de la serie pelítica carbonífera carecen de interés.

7.2. HIDROGEOLOGÍA

7.2.1. Introducción

La hoja escala 1:25.000 de Vera de Bidasoa (65-II) comprende una zona montañosa de relieves contrastados, con un corredor central de orientación E-O de suaves relieves alomados. Hidrográficamente, la hoja esta separada en dos zonas definidas: en la zona occidental los ríos vierten a la cuenca cantábrica, concretamente pertenecen a la subcuenca del río Bidasoa, cuyo cauce atraviesa la Hoja de Sur a Norte, en su borde occidental. Además de este curso, el colector principal de esta zona es el río Zía, que recorre el corredor de Vera desde el collado de Lizuniaga hasta su afluencia al río Bidasoa en la población de Vera.

La zona oriental también pertenece a la cuenca cantábrica, pero mientras la zona de Vera forma parte de la vertiente sur de los Pirineos, vertiente “española”, esta vertiente de la zona oriental se incluye dentro de la vertiente norte de los Pirineos. En esta zona no hay un curso principal que sirva de recolector de las aguas superficiales de toda el área. El río Nivelles, ya en territorio francés, es el principal curso de esta zona

El régimen de humedad es del tipo Húmedo y en cuanto al régimen térmico corresponde al tipo Templado Cálido. La combinación de estos parámetros, permite determinar para esta zona, según PAPADAKIS, un clima Marítimo, Templado Cálido, con una temperatura media anual comprendida entre 8°C y 11°C y una precipitación media anual del orden de 1500 mm.

La evapotranspiración potencial es del orden de 620 mm según el método THORNTHWAITE y la real del orden de 550 mm para capacidades de campo entre 50 y 100 mm.

7.2.2. Descripción hidrogeológica

Entre las formaciones aflorantes en el ámbito de la Hoja de Vera de Bidasoa (65-IV), se han distinguido aquellas que por sus características hidrogeológicas, son susceptibles de desarrollar acuíferos. De este modo, se han considerado dos

categorías según las características y parámetros hidrogeológicos sean más o menos favorables para desarrollar acuíferos.

Como acuíferos principales se consideran las formaciones con permeabilidad media-alta cuya potencia y extensión permite desarrollar buenos acuíferos ya sean detríticos o kársticos. Los acuíferos secundarios engloban formaciones con permeabilidad menor o muy variable o bien aquellos materiales que presentan buenas condiciones por sus parámetros hidrogeológicos pero que su extensión no permite su desarrollo.

Dentro de la zona objeto de estudio se han distinguido los siguientes niveles acuíferos:

Acuíferos principales	Albiense
Acuíferos secundarios	Paleozoico
	Buntsandstein
	Cretácico superior calcáreo
	Cuaternario

7.2.3. Acuíferos principales

7.2.3.1. Albiense

La serie aparece aflorando junto a los demás materiales carbonáticos permeables, aunque es más frecuente su presencia en el borde Norte del Macizo de Cinco Villas, dando resaltes topográficos considerables. Está formada por calizas bioconstruidas correlacionables con el "Complejo Supraurgoniano" y relacionadas con estructuras anticlinales y sinclinales, incluidas en un conjunto esencialmente margoso. En conjunto, la serie presenta un alto grado de Karstificación y fracturación, por lo que la permeabilidad es elevada.

En el muro de este complejo carbonatado, se observa unos niveles de areniscas y conglomerados con intercalaciones de limos y arcillas, que constituyen un sistema acuífero detrítico poco importante en continuidad hidrológica con el acuífero principal carbonatado.

7.2.4. Acuíferos secundarios

7.2.4.1. Acuíferos aislados del Paleozoico (Devónico y Carbonífero)

En el Devónico desde el punto de vista hidrogeológico, cabe destacar los niveles de areniscas blancas y las calizas de la Formación Oronoz, esta última constituida por un conjunto de calizas algo dolomitizadas y muy recrystalizadas, que conforman lentejones. El espesor de este conjunto oscila entre 50 y 200 m, la importancia hidrogeológica de estos niveles se reduce por el elevado grado de recrystalización y el limitado espesor de la serie, por lo que las escasas surgencias que drenan estos niveles aportan pequeños caudales específicos.

En el Carbonífero se incluyen los materiales calcáreos correspondientes a la formación Elorzuri. En conjunto se trata de calizas y dolomías, en ocasiones intensamente recrystalizadas, con un espesor muy variable. Los afloramientos calcáreos del Carbonífero no son muy numerosos en esta hoja y están reducidos a pequeños lentejones intercalados en la serie pelítica.

En general, estos niveles paleozoicos presentan un elevado grado de recrystalización y se encuentran muy compartimentados por efecto de la tectónica regional que les afecta. Por este motivo, en ocasiones, los niveles acuíferos se encuentran desconectados unos de otros y su permeabilidad disminuye por el recrecimiento cristalino que impide la circulación de agua subterránea.

7.2.4.2. Buntsandstein

Los afloramientos del Buntsandstein, ocupan una importante superficie de afloramiento en el entorno de estas Hojas, bordeando el macizo paleozoico de Cinco Villas. La composición básica de esta formación consiste en granos de cuarzo subangulosos y fragmentos de rocas metamórficas con matriz sericítica. La

granulometría es muy variada, presentando en conjunto la unidad, una gran variabilidad vertical y lateral. En general, la formación se hace más arcillosa hacia el techo, culminando con un paquete de arcillas y limolitas. Los niveles conglomeráticos intercalados presentan con frecuencia morfología lenticular, siendo más frecuente su aparición en la base de la unidad, con un espesor que no suele superar los 10 metros.

Hidrogeológicamente los materiales constituyentes, presentan una permeabilidad media-baja por porosidad intergranular, variable según la proporción de finos en la matriz y aumentado puntualmente por la presencia de niveles lenticulares conglomeráticos.

7.2.4.3. Cretácico superior calcáreo

Los materiales del Cretácico superior calcáreo afloran en el sinclinal de Vera-Zugarramurdi. Está formado fundamentalmente por calizas arcillosas, permeables por fracturación, fisuración y carstificación. Su escaso desarrollo y la presencia de materiales intercalados de muy baja permeabilidad disminuye la capacidad acuífera de estos niveles, ya que el alto porcentaje en arcillas, así como la intercalación de niveles de estos mismos materiales dificultan su karstificación y disminuyen su importancia hidrogeológica.

7.2.4.4. Cuaternario

El Cuaternario de esta Hoja está representado fundamentalmente por los depósitos de fondos de valle que presentan una litología cantos y gravas, de naturaleza calcárea, cuarcítica, areniscosa y otras, envueltos en una matriz arenoso-arcillosa

La geometría de estos depósitos, en planta, es alargada y muy estrecha con un trazado serpenteante.

Hidrogeológicamente, se estima una permeabilidad media-alta, por porosidad intergranular, debido la granulometría y al bajo grado de compactación que presentan. Predomina la permeabilidad media cuando las lutitas son mayoritarias en la matriz.

La Llanura de Inundación de los principales cursos fluviales, presenta muy escaso desarrollo y está constituida fundamentalmente, por materiales terrígenos finos: arcillas y lutitas con intercalaciones de arenas y ocasionalmente gravas.

Hidrogeológicamente se trata de formaciones prácticamente impermeables, debido al predominio de materiales arcillosos y lutíticos.

El sistema de terrazas, está así mismo muy poco desarrollado, constituido por un conjunto de gravas y cantos de naturaleza cuarcítica y calcárea mayoritariamente con una matriz areno limosa o areno arcillosa.

Estos depósitos tienen un grado de permeabilidad medio-alto, debido a la elevada porosidad intergranular que presentan. No obstante, dado su escaso desarrollo y extensión no constituyen acuíferos de importancia, aunque la utilización conjunta asociada a los cursos superficiales resulta altamente interesante.

Los coluviones y deslizamientos están formados por acumulación de materiales al pie de los relieves montañosos, con mayor o menor espesor y ordenados o no, según el grado de madurez del depósito. Existe en esta Hoja un mayor predominio de formas coluvionares con una extensión superficial limitada.

Litológicamente están formados por depósitos sueltos, de cantos o bloques con matriz arcillo-lutítico-arenosa, que dificulta la percolación.

Hidrogeológicamente presentan una permeabilidad media-baja en función de su litología, la potencia en general es pequeña, no superando los 5 m, dado el gran relieve que presenta esta Hoja.

7.2.5. Funcionamiento hidrogeológico

En los materiales paleozoicos del macizo de Cinco Villas, se localizan algunos manantiales dispersos con caudales variables que no suelen superar los 3 l/s, aunque pueden presentar incrementos estacionales en la época de lluvias. En general estos acuíferos son pequeños y con respuesta rápida a la recarga.

Los acuíferos triásicos, presentan características similares a las descritas anteriormente. Aunque este tipo de materiales presentan una mayor permeabilidad relativa con respecto a los materiales paleozoicos, los acuíferos se encuentran muy compartimentados, dando lugar a bloques pequeños y de escasa entidad, en los que los condicionantes tectónicos imprimen al acuífero sus características esenciales

Dentro de los niveles acuíferos descritos individualmente con anterioridad, destaca el conjunto de materiales cretácicos. Este acuífero que sufre numerosas compartimentaciones por efecto de la tectónica regional tiene en esta zona algunos de los puntos de descarga más significativos Dichos puntos se enmeran en el listado adjunto.

Codigo	Nombre	U_hidrog	Utmx	Utmy	Caudal l/s	Fecha
970	Santinenea	90	613805	4789967	0.49	02/02/71
2288	Fuente arleun	90	619706	4792276	2.24	05/07/77
936	Gorosusta	90	611885	4789962	0.81	22/01/71
2288	Fuente arleun	90	619706	4792276	2.24	05/07/77
2288	Fuente arleun	90	619706	4792276	5.25	07/02/71
2272	Fuente argandoita	90	620065	4792043	4.00	05/07/77
2412	Ascar	90	620199	4790561	3.94	02/03/71
2293	Fuente arleun	90	619315	4792067	7.50	08/02/71
943	Navalsa	90	613756	4790161	0.22	25/01/71
939	Marticonea	90	611998	4790218	0.32	22/01/71
935	Miaca	90	611222	4790226	0.21	22/01/71

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE NAVARRA A ESCALA 1:25.000.

65-II. Vera de Bidasoa

934	Monoco	90	611196	4789947	0.38	22/01/71
944	Aldalorra	90	612712	4789995	1.29	25/01/71
937	Alzugaray	90	611666	4789939	1.22	22/01/71
938	Errando	90	611620	4790092	0.05	22/01/71
2412	Ascar	90	620199	4790561	2.00	05/07/77
2393	Elzuspé	90	617891	4791691	3.85	26/02/71
2272	Fuente argandoita	90	620065	4792043	3.20	05/02/71
2272	Fuente argandoita	90	620065	4792043	4.00	05/07/77
2454	Artasin	90	617642	4791947	3.21	11/07/77
2288	Fuente arleun	90	619706	4792276	5.25	07/02/71
2393	Elzuspé	90	617891	4791691	7.30	05/07/77
2293	Fuente arleun	90	619315	4792067	6.50	05/07/77
2367	Orbia	90	618313	4791094	3.60	23/02/71
2363	Aitxpaz	90	618690	4791264	3.09	05/07/77
2363	Aitxpaz	90	618690	4791264	5.56	23/02/71
2356	Goiburua	90	618958	4791724	2.16	05/07/77
2356	Goiburua	90	618958	4791724	4.12	22/02/71
2293	Fuente arleun	90	619315	4792067	6.50	05/07/77

2293	Fuente arleun	90	619315	4792067	7.50	08/02/71
2454	Artasin	90	617642	4791947	4.89	09/03/71

Además de estas existen otras muchas dispersas y de carácter básicamente estacional que drenan los recursos almacenados en los materiales paleozoicos a favor de la red de fracturas que les afecta.

La variación de los caudales de estos puntos de descarga, es significativa, lo que confirma el funcionamiento Kárstico de los materiales que drenan.

La alimentación de todos estos niveles acuíferos se realiza a partir de la infiltración directa del agua de lluvia y de las fuertes escorrentías que se producen en la zona, sobre la extensa superficie aflorante de materiales permeables. En general los niveles acuíferos presentan un comportamiento libre donde aflora y confinado por materiales de permeabilidad muy baja en el resto. Presenta cierto grado de compartimentación por efecto de la tectónica por lo que en ocasiones el funcionamiento hidráulico es independiente. La descarga de estos niveles se produce por numerosos manantiales ubicados en los contactos permeable-impermeable, con caudales muy variables, también se produce un drenaje difuso hacia los cauces fluviales por lo que los depósitos cuaternarios pueden ser recargado por niveles calcáreos. También se realizan extracciones en pozos ubicados en los aluviales de los principales cursos fluviales, que han desarrollado un pequeño sistema de terrazas fluviales. Estas captaciones no suelen superar los 10 metros de profundidad.

La composición química del agua subterránea es relativamente constante en los acuíferos que son uniformes litológicamente. En general se trata de facies bicarbonatadas cálcicas y magnésicas con mineralización débil o muy débil y baja dureza.

7.3. GEOTECNIA

7.3.1. Introducción

En este apartado se describe la cartografía geotécnica de la Hoja a escala 1:25.000 nº 65-II correspondiente a Vera de Bidasoa, y se establecen las características

geomecánicas de los materiales que la componen.

Esta caracterización geotécnica se ha realizado en función de la disponibilidad de datos geotécnicos que se han podido recopilar en obras y proyectos. En el caso de no disponer de esta información, se efectúa una valoración geotécnica según las características litológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas de los materiales.

El objetivo de este trabajo es proporcionar al usuario una información geotécnica de carácter general, pero lo suficientemente objetiva como para permitir la toma de posturas iniciales en temas de ordenación del territorio, o prever problemas en el planteamiento y diseño de campañas geotécnicas puntuales.

7.3.2. Metodología

Para la realización de este capítulo se han seguido las siguientes etapas:

1. Recopilación de los datos existentes: Dado que en la Hoja no se han podido recoger datos procedentes de obras y proyectos, realizados en Navarra por organismos públicos y empresas privadas, se ha acudido a las hojas contiguas donde existen datos geotécnicos sobre las mismas unidades
2. Tratamiento de los datos: En esta etapa se trata de establecer, de la manera más adecuada posible la naturaleza actual de la roca, su comportamiento mecánico y/o hidráulico y, la evolución y propiedades de la roca bajo los procesos de meteorización. Los datos recopilados se clasifican en los siguientes grupos:
 1. Identificación; establecen la naturaleza de la roca y su estado natural aparente (granulometría, límites de Atterberg, densidad y humedad, absorción, grado de meteorización).
 2. Clasificación; intentan establecer una idea general del comportamiento de la roca en relación a criterios previamente establecidos. Algunos de estos criterios se fijan en base a resultados de ensayos de resistencia. (Índice de Calidad, resistencia a compresión simple, point load test).

3. Resistencia, compactación y deformación; determinan parámetros resistivos y relaciones tensión-deformación. Algunos de estos ensayos se utilizan como base para múltiples clasificaciones (CBR, proctor normal, corte directo, Brasileño).
 4. Alterabilidad; evalúa el comportamiento del macizo rocoso frente a los procesos de meteorización, una vez modificados sus condiciones originales de estabilidad. (análisis químicos, hinchamiento, durabilidad).
3. Zonificación en áreas de iguales características: A partir de los datos anteriormente comentados e interpretando las unidades geológicas cartografiadas, se procede a la zonificación de la superficie de la Hoja en áreas de iguales características (geotécnicas y litológicas). Como se ha señalado con anterioridad, cuando no ha sido posible disponer de ensayos, los criterios seguidos para establecer esta zonificación, han sido las características litológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas de los materiales, observadas durante los reconocimientos de campo.

7.3.3. Zonificación geotécnica

7.3.3.1. Criterios de división

Se ha dividido la superficie de la Hoja en función de criterios geotécnicos, en cuatro Áreas que presentan una entidad propia y cierta homogeneidad. Posteriormente, estas áreas han sido divididas a su vez en un total de diecisiete Zonas, siguiendo criterios básicamente litológicos y morfológicos, ya que son estos los que permiten diferenciar desde un punto de vista geotécnico, los materiales de cada área.

De aquellas unidades de las que se dispone información, se aportan datos de identificación, estado, resistencia, deformabilidad y análisis químico.

7.3.3.2. División en Áreas y Zonas Geotécnicas

ÁREA I: Representa rocas ígneas y plutónicas

ÁREA II: Engloba los materiales Paleozoicos

ÁREA III: Comprende los depósitos Mesozoicos

ÁREA IV: Engloba los depósitos Cuaternarios

Estas áreas se han dividido en las siguientes zonas:

ÁREA I: ZONA I₁, I₂,

ÁREA II: ZONA II₁, II₂, II₃, II₄

ÁREA III: ZONA III₁, III₂, III₃, III₄

ÁREA IV: ZONA IV₁, IV₂, IV₃

En el Cuadro 1 se presenta la correlación entre las Unidades Geológicas cartografiadas y las Zonas Geotécnicas.

UNIDAD CARTOGRÁFICA	ZONACIÓN GEOTÉCNICA	DESCRIPCIÓN
--------------------------------	--------------------------------	--------------------

524,541,544, 527, 536	IV ₃	Cantos, gravas, arenas y arcillas. Depósitos fluviales
519,545,547,537, 543, 550	IV ₂	Bloques, cantos, gravas, arenas y arcillas. Depósitos poligénicos y de gravedad.
523	IV ₁	Arcillas de descalcificación
169,170	III ₄	Calizas y calizas arcillosas
105,151	III ₃	Arcillas, limolitas y yesos triásicos
107,136,168	III ₂	Calizas tableadas y bioconstruidas y dolomías
101,103,104	III ₁	Conglomerados y areniscas
70,71	II ₄	Arcillas
53	II ₃	Areniscas
56,60,65,66, 67	II ₂	Calizas, calizas tableadas, dolomías y silexitas
57,59,64,68, 69	II ₁	Pizarras, esquistos, esquistos arenosos y con intercalaciones calcáreas
5,6	I ₂	Granitos y leucogranitos
7, 2, 1, 44	I ₁	Ófitas, diabasas, basaltos y rocas filonianas

Cuadro 1: Correlación entre las unidades geológicas y zonas geotécnicas

7.3.4. Características geotécnicas

7.3.4.1. Introducción

De los materiales que se disponen ensayos, aunque no sea en esta Hoja, se ha realizado una caracterización geomecánica utilizando los criterios que se señalan más

adelante. No obstante, la generalización a cada zona de estos valores puntuales es complicada, sobre todo cuando en ella coexisten varios conjuntos litológicos con un comportamiento geomecánico diferente, y que no admiten ser diferenciados por razones de escala de trabajo. Cuanto mayor sea la heterogeneidad litológica de cada Zona, mayor será la dispersión de los valores; por tanto, la mayor o menor fiabilidad de los datos aportados vendrá condicionada por el grado de homogeneidad litológica de las Zonas Geotécnicas.

De cada Zona Geotécnica se aportan datos sobre características constructivas, tales como condiciones de cimentación, excavabilidad, estabilidad de taludes, empuje sobre contenciones, aptitud para préstamos, aptitud para explanada de carreteras y comportamiento para obras subterráneas. Así mismo, se señalan los principales problemas geotécnicos que pueden presentarse y que en general, van a estar relacionados con la presencia de: turbas o arcillas compresivas, nivel freático superficial, zonas de alteración superficial del sustrato rocoso, erosiones y arrastres de materiales en laderas, desprendimientos de rocas y, finalmente, suelos solubles y agresivos (yesíferos y salinos).

La caracterización geomecánica de los diferentes materiales, se ha realizado con ayuda de los ensayos de laboratorio y de campo. Hay que señalar que el número de ensayos geotécnicos es muy reducido, teniendo en cuenta la extensión de la zona y la diversidad de formaciones existentes, por lo que estos valores deben considerarse como orientativos y en ningún caso pueden sustituir a los ensayos geotécnicos de detalle. Se ha recopilado información de los siguientes ensayos:

- Granulometría. Del análisis granulométrico se ha considerado el contenido de finos que presenta el suelo, es decir, el porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 (0.08 mm) de la serie ASTM. Estos datos son utilizados posteriormente en diversas clasificaciones.
- Plasticidad. La clasificación de los suelos cohesivos según su plasticidad se ha efectuado con el límite líquido (WL) y el índice de plasticidad (IP), utilizando la carta de plasticidad de Casagrande.

- Absorción de agua. Permite obtener una idea del grado de meteorización o fisuración por comparación de muestras del mismo material. Está relacionado con la expansividad del terreno.
- Grado de meteorización. Mediante reconocimientos y descripciones “de visu” se determina el grado de meteorización de las muestras según la siguiente relación:

Grado de meteorización	Denominación
I	Sana
II	Meteorización incipiente (juntas oxidadas)
III	Moderadamente meteorizada
IV	Muy meteorizada
V	Completamente meteorizada

- Índice de calidad (I_Q). Se define como la relación porcentual entre la velocidad de propagación de ondas longitudinales (V_L) en testigos cilíndricos de roca y en roca sana (sin fisuras ni huecos). La Figura 6.1 muestra valores medios de V_L en diferentes tipos de roca en estado sano.

Tipo de rocas	V_L media (m/s)
Gabros	7000
Basaltos	6500 a 7000

Cuarcitas	6000
Granitos	5500 a 6000
Calizas	6000 a 6500
Calizas dolomíticas*	6500 a 7500
Argilitas**	900 a 2600

Fig. 6.1. Velocidades máximas medias de propagación de ondas longitudinales en los principales tipos de rocas. (* según el contenido en dolomía; ** según la estructura y grado de alteración).

En general, la velocidad de propagación está en relación inversa con la porosidad de la roca (n). Con el índice de calidad (I_Q) y el valor de porosidad (n) de la roca, puede determinarse la Densidad de Fisuración.

- Resistencia a compresión simple (Q_u , Kp/cm^2). Determina las características de resistencia y deformación de una muestra seca. Respecto a la resistencia de suelos y rocas, existen numerosas clasificaciones; una de la más utilizada, es la descrita por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas:

ROCA		ENSAYO DE CAMPO	
Descripción	Co (MPa)	Navaja	Martillo geológico
Ext. resistente	> 250	No corta	El golpe arranca pequeños trozos
Muy resistente	100 - 250	No corta	Se rompe con muchos golpes
Resistente	50 - 100	No corta	Se rompe con varios golpes
Medio resistente	25 - 50	No corta	Se rompe con un solo golpe
Blanda	5 - 25	Corta con dificultad	Puede indentarse con el pico

Muy blanda	1 - 5	Corta fácilmente	Se puede machacar
------------	-------	------------------	-------------------

Igualmente, considerando la resistencia a compresión simple, se puede valorar la consistencia del terreno, de manera cualitativa.

Tensión de rotura a compresión simple en Kp/cm^2	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

- Ensayo de Carga Puntual (I_s , Kp/cm^2). Determina la resistencia de una muestra de testigo. Por su facilidad de realización se utiliza en aquellos casos en los que las muestras no reúnen las condiciones necesarias para realizar un ensayo de compresión simple (baja dureza, elevada anisotropía,). Requiere un elevado número de ensayos y un tratamiento estadístico de los mismos para obtener resultados fiables. Generalmente I_s presenta una buena correlación con el ensayo de resistencia a compresión simple (Q_u), mediante la siguiente relación: $Q_u = f \cdot I_s$, donde f es una constante que depende del diámetro del testigo de roca.
- Ensayo Proctor Normal. Permite calcular la densidad máxima y humedad óptima de compactación del suelo o material utilizado en explanada, con el fin de que adquiera las condiciones de estabilidad volumétrica, resistencia, indeformabilidad e inalterabilidad necesarias. En suelos granulares basta

conseguir una alta densidad seca, pero en suelos con finos es preciso controlar también las condiciones humedad. La presencia de agua disminuye la presión intergranular, y actúa como lubricante, facilitando el deslizamiento y giro de las partículas entre sí y su agrupamiento en estructuras más compactas. El resultado es una densidad seca más elevada.

- Ensayo C.B.R. (California Bearing Ratio). Evalúa la capacidad de soporte de los materiales para constituir una explanada, es decir, la resistencia que ofrecen a la deformación bajo cargas. Se utiliza por tanto para el dimensionamiento de firmes. A mayor CBR, mayor es la capacidad de soporte de la explanada. Normalmente se expresa el valor de CBR para el 95 % y 100% de la densidad Proctor.
- Ensayo de tracción indirecta (σ_{tb} , Kp/cm²). También conocido como “Brasileño”, es un ensayo normalizado de tracción más adecuado para clasificar la resistencia de la roca que la resistencia a tracción. La relación entre la resistencia a compresión simple (Q_u) y la resistencia a tracción (σ_{tb}) en el ensayo brasileño (Q_u/σ_{tb}) aumenta al hacerlo Q_u , pudiendo variar de 10 a 15 para $Q_u < 500$ Kp/cm², y de 15 a 25 para resistencias más elevadas. El criterio de clasificación de rocas con rotura frágil a partir de ensayos brasileños es como sigue:

Resistencia	σ_{tb} , Kp/cm ²
Muy débil	0-15
Débil	15-35
Media	35-65

Alta	65-100
Muy alta	> 100

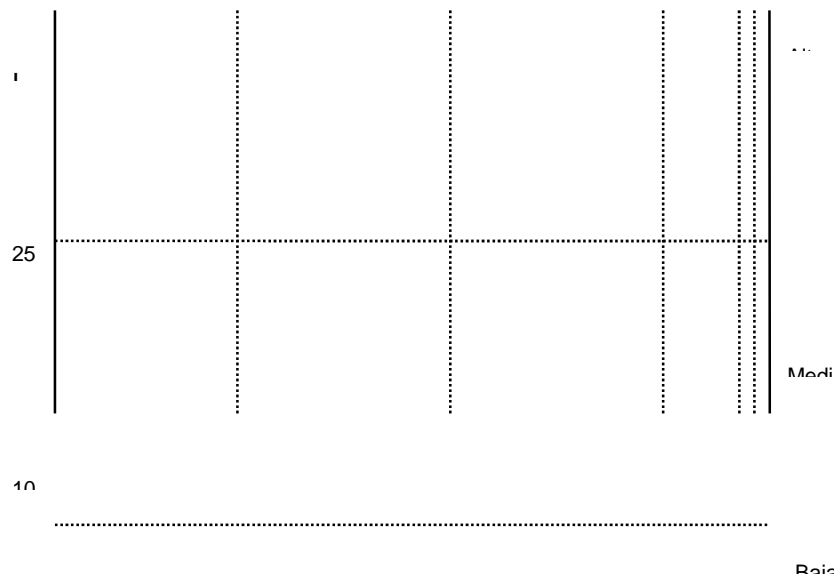
- Ensayo de corte directo. Es un ensayo rápido y económico que permite determinar la cohesión (c) y el ángulo de rozamiento interno (ϕ) de una muestra de roca o discontinuidad. Es de gran aplicación práctica en el cálculo de estabilidad de taludes.
- Ensayo de Molinete. Permite hallar la resistencia al corte en suelos blandos, principalmente arcillas blandas saturadas o suelos orgánicos.
- Módulo de deformación y coeficiente de Poisson. El módulo de deformación se puede obtener en arcillas sobreconsolidadas, utilizando el valor de la resistencia al corte sin drenaje (Cu) en la correlación $E = 130 \times C_u$ definida por Butler. Para el coeficiente de Poisson se podría adoptar un valor entre 0,30 y 0,35, dependiendo de la consistencia blanda o densa.
- Análisis químico. Se han utilizado los datos de contenido en Materia Orgánica, Carbonatos y Sulfatos. Estos últimos permiten determinar la agresividad del terreno mediante el contenido en sulfatos, valorado según la normativa que se expone a continuación:

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

- **Análisis de Hinchamiento.** Mide el cambio de volumen debido al humedecimiento general de la roca. Normalmente se suele medir la componente vertical de hinchamiento. Los datos que se poseen 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:

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

- **Ensayo de durabilidad (I_D).** Mide la resistencia de la roca frente a procesos de meteorización y disgregación como resultado de someter a la muestra a dos ciclos de secado y agitación en un baño de agua. Se obtiene un índice (I_D) que muestra la relación porcentual entre el peso seco de la muestra después de dos ciclos y el peso seco antes del ensayo. La durabilidad del material puede relacionarse con el índice de plasticidad (I_P) en rocas arcillosas según el cuadro que muestra la Figura 6.3.



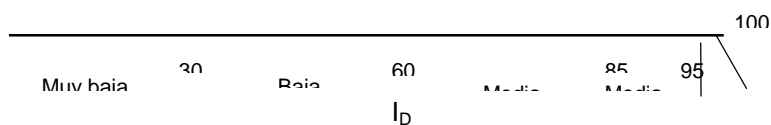


Fig. 6.3. Clasificación de durabilidad-plasticidad en rocas arcillosas propuesta por GAMBLE (ISRM, 1972).

Las características constructivas de los diferentes materiales se estudian para condiciones de cimentación y para obras de tierra.

- Cimentación. Se evalúa la capacidad portante del terreno. Normalmente se ha utilizado el criterio expuesto en el Código Británico nº 4 y Norma DIN-1054, que establece cargas admisibles para roca poco diaclasada, no meteorizada con estratificación favorable y marcada de 15 Kp/cm² y de 30 Kp/cm² en estado masivo o columnar. (En caso de rocas diaclasadas o con disposición desfavorable de los planos de estratificación, estos valores deberán reducirse a la mitad.

Descripción de la roca	Kp/cm ²
Roca ígnea o gnéisica sana	109
Calizas masivas y areniscas duras	44
Esquistos y pizarras	33
Lutitas duras, limolitas y areniscas blandas	22
Lutitas arcillosas	11

Cargas admisibles según el Código de Práctica Británico nº 4, para diferentes tipos de roca.

En suelos y debido a que no se dispone de datos sobre asientos, éstos han sido estimados considerando la consistencia media del terreno. Asimismo, se señalan los problemas concretos de cimentación que pueden darse en cada Zona Geotécnica; los más generalizados están relacionados con asientos diferenciales, presencia de agua subterránea, presencia de sulfatos en el sustrato, debido a la alta reactividad de los mismos con el hormigón, y riesgos de colapsos en aquellas unidades con presencia potencial de cavidades subterráneas.

- **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 máquina 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 en la excavación se encuentran mezclados los terrenos se establece el porcentaje de cada uno de los tres tipos.
- **Estabilidad.** Dos son los parámetros que condicionan estos procesos: litología (y estructura) y pendiente del talud. En consecuencia, en cuanto a la naturaleza de los materiales se evalúa su estabilidad en tres grupos (alta, media y baja), desechándose aquellas unidades geológicas que por su litología no son favorables a la aparición de situaciones de inestabilidad. Por lo que se refiere a la pendiente, se estima una inclinación del 10% como límite inferior a la aparición de estos fenómenos.
- **Empujes sobre contenciones.** Hacen referencia a contenciones del terreno natural, no de rellenos realizados con los materiales de cada zona.
- **Aptitud para préstamos.** Se ha utilizado básicamente el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de la Dirección General de Carreteras (P.P.T.G.). El término No Apto designa suelos inadecuados; Marginal, designa suelos que unas veces son inadecuados y otras tolerables e incluso adecuados; el término Apto, designa suelos tolerables, adecuados e incluso seleccionados.

- Aptitud para explanada en carreteras. Se evalúa la capacidad de soporte de los materiales para constituir una explanada, es decir, la resistencia que ofrecen a la deformación bajo cargas.

Se ha tomado como referencia la Instrucción de Carreteras, Normas de Firmes Flexibles y Firmes Rígidos. Se entiende por suelo No Apto, aquel que no puede constituir un desmonte ni un terraplén explanada 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 (CBR de 10 a 20). Aptos, son terrenos frecuentemente adecuados y seleccionados; constituyen explanadas tipo E-3 (CBR > 20).

En terraplenes y pedraplenes, la categoría de la explanada dependerá del material utilizado en su coronación.

- Obras subterráneas. Se utiliza el término "Muy Difícil" para suelos muy blandos por debajo del nivel freático o suelos potencialmente expansivos; "Difícil" designa terrenos blandos o arenosos limpios bajo el nivel freático; y "Medio", suelos firmes, casi rocas blandas, que sólo a veces presentan problemas de nivel freático, con cierta capacidad de autosoporte y sin empujes fuertes.

Para las formaciones rocosas se da una idea de su categoría en las clasificaciones de Bieniawski (1979), que obtiene un índice de calidad (RMR, Rock Mass Rating), mediante la valoración de cinco parámetros:

- Resistencia de la roca
- RQD
- Separación entre diaclasas
- Presencia de agua
- Disposición de las juntas respecto a la excavación

Bieniawski establece cinco categorías en función del valor RMR:

Clase I Roca muy buena: RMR = 81-100

Clase II Roca buena: RMR = 61-80

Clase III Roca media: RMR = 41-60

Clase IV Roca mala: RMR = 21-40

Clase V Roca muy mala: RMR 20

7.3.4.2. Área I

Zona I₁

- Localización

Aparecen algunos diques de cuarzo en la serie pelítica carbonífera y tres afloramientos de ofitas asociados a la falla de Vera. En la zona de Larún e Ibantelly aparecen niveles de basaltos interestratificados en arcillas pérmicas

- Características geológicas

Los materiales que definen esta Zona están formados por filones de cuarzo, ofitas y niveles interestratificados de basaltos. Las primeras son rocas filonianas que aparecen frecuentemente oxidados, mientras que las ofitas son rocas subvolcánicas, de textura ofítica y composición basáltico-andesítica, tonos verdosos y aspecto homogéneo en estado sano. Los basaltos son rocas de textura holocristalina e hipidiomorfa y de grano fino. El grado de alteración superficial es muy alto en las ofitas, mientras que en los filones de cuarzo es mucho menor. En los basaltos es variable, siendo muy alto en Ibantelly y menor en Larún.

- Características geotécnicas

A continuación se describen los valores más característicos:

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas(Roca inalterada)

Humedad (W)	4,78 %
Densidad Seca	2,14 gr/cm ³
Meteorización	2
Resistencia a Compresión Simple (Qu)	27-2200 Kp/cm ²
Qu a partir del Point Load Test	1800 Kp/cm ²

Destaca la alta dispersión de valores extremos en los ensayos de resistencia a compresión simple. La correspondencia de resistencia a compresión simple a partir de los datos del Point Load Test da un resultado acorde con los valores de resistencia de este tipo de materiales. No obstante, el bajo número de pruebas realizadas (ver epígrafe 6.3.4.1. Ensayo de Carga Puntual) puede restar fiabilidad a los resultados. A nivel orientativo, se estima que la resistencia a compresión simple en estado sano es muy alta (>1500 Kp/cm²). Presentan un grado de alteración superficial variable, siendo éste importante en zonas de fracturas.

- Características constructivas

1. Condiciones de cimentación. Según el Código Británico, la carga admisible para este tipo de rocas en estado sano es de 109 Kp/cm², mientras que la Norma DIN 1054 establece presiones admisibles no inferiores a 30 Kp/cm²; en los niveles superficiales alterados y degradados, estos valores disminuyen notablemente. Por lo tanto, pueden considerarse, tomando valores conservadores, cargas admisibles superiores a 80 Kp/cm², es decir una capacidad portante muy alta. La cimentación se realizará sobre roca inalterada, por debajo del espesor del regolito. No se esperan problemas de cimentación.
2. Condiciones para obras de tierra.

Excavabilidad. Los niveles superficiales se consideran como Terreno Medio-Duro. En profundidad se requerirá el uso de explosivos.

Estabilidad de taludes. Los taludes naturales están en equilibrio. En estado sano, son materiales muy estables, admitiendo taludes verticales. Ocasionalmente, en función del grado y estado de las diaclasas, puede existir algún bloque en estado crítico, que se estabilizará con bulones y anclajes.

Empuje sobre contenciones. No serán necesarias.

Aptitud para préstamos. Según el PPTG los niveles sanos constituyen Suelos Aptos.

Aptitud para explanada en carreteras. Son Suelos Aptos (adecuados y seleccionados) que constituyen explanadas de tipo E-3.

Obras subterráneas. En estado sano, se encuadran en Clase I (RMR=81-100). Para anchuras de tunelación moderada (3-8 m) no se esperan problemas de sostenimiento, aunque éste dependerá en última instancia de la abundancia de familias de litoclasas.

7.3.4.3. Área II.

Zona II₁

- Localización

Aparece ampliamente representada en toda la Hoja, ocupando la zona meridional de la Hoja y entre el valle del río Zía y el monte Larún.

- Características geológicas

Se trata sucesiones monótonas de materiales paleozoicos de diferente litología (y por tanto, diferentes propiedades mecánicas) definiendo alternancias rítmicas de pizarras, esquistos, esquistos arenoso con intercalaciones calcáreas y conglomerales.

- Características geotécnicas

La característica fundamental del macizo rocoso de Cinco Villas, que constituye esta zona, es la alternancia de materiales de diferente litología en estratos y capas de espesor variable, factores estos que condicionan decisivamente el comportamiento geomecánico del conjunto. No se dispone de datos que puedan caracterizar geotécnicamente al conjunto de materiales que definen esta zona. A continuación se describen los valores más característicos:

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas (Pizarras inalteradas)

R.Q.D.	40-60
Grado de Meteorización	2
Qu deducido a partir del Point load test	90,8 Kp/cm ²

A la vista de los resultados, solo se puede decir que se trata de unas pizarras poco meteorizadas, que presentan una resistencia muy baja (< 250 Kp/cm²). No obstante, los valores obtenidos de resistencia a compresión a partir del ensayo de carga puntual (point load test) pueden presentar un margen de error importante, debido al bajo número de ensayos realizados.

Desde el punto de vista hidrogeológico, la presencia de margas, pizarras y niveles arcillosos determina una baja permeabilidad, por lo que no se espera la presencia de agua en profundidad.

- Características constructivas

1. Condiciones de cimentación: La Norma DIN 1054 y el Código Británico establecen presiones admisibles del orden 20 kp/cm², valores estos que deben reducirse a la mitad cuando el espesor de los tramos margosos aumenta o la disposición de la estratificación, pizarrosidad y grado de diaclasado son desfavorables. Se estima que la capacidad portante de estos materiales se sitúa entonces entre 6 y 10 kp/cm², valores suficientes para el

caso de edificios habituales en los que las cargas proyectadas son inferiores a 3 - 4 kp/cm².

El tipo de cimentación será en general superficial, previa eliminación del horizonte de alteración. Será necesario el empleo de zapatas corridas cuando sea necesario mitigar los efectos (asientos, punzonamiento) que la heterogeneidad litológica provoca por la presencia de niveles poco competentes entre niveles resistentes. Habrá que estudiar las características y disposición espacial de la estratificación y diaclasado, cuando los apoyos se realicen próximos a taludes, y recurrir en caso necesario a trabajos de anclaje y bulonado para garantizar su estabilidad.

2. Condiciones para obras de tierra.

Excavabilidad. Se trata de Terrenos Duros, atacables por medios mecánicos. Las margas, arcillas y niveles calcomargosos son en general ripables.

Estabilidad de taludes. Son un conjunto de materiales que presentan una estabilidad media. Se pueden producir puntualmente desprendimientos superficiales de los niveles margosos muy laminados, y fenómenos de vuelco de estratos.

Empuje sobre contenciones. Serán de tipo bajo, ocasionalmente de tipo medio en zonas margosas alteradas o en taludes con problemas de estabilidad.

Aptitud para préstamos. Las arcillas, margas y calizas margosas se consideran No Aptas para su uso en terraplenes y pedraplenes. Los niveles de areniscas, calizas y cuarcitas constituyen por el contrario, Terrenos Adecuados y Seleccionados. Las pizarras requieren un estudio especial.

Aptitud para explanada en carreteras. En el caso de desmontes en roca, la categoría de la explanada en calizas, areniscas y cuarcitas es la E-3, mientras que las margas, arcillas y calizas margosas requerirán la extensión sobre ellas de un firme seleccionado.

Obras subterráneas. Se encuadran entre la Clase III (Calidad Media) y Clase IV (Calidad Mala) de la Clasificación de Bieniawski (1979), jugando un papel importante la orientación de la estratificación y el grado de diaclasado.

Zona II₂

- Localización

En esta hoja aparecen como pequeños afloramientos, en la zona de Gorostiaga y Santa Barbara, donde aparecen como calizas masivas y en Lakain, donde los hacen en forma de calizas tableadas. Su naturaleza litológica determina una buena expresión morfológica de estos materiales en el paisaje, definiendo zonas con relieves importantes en algunas zonas como Lakain.

- Características geológicas

Está constituido por un variado conjunto de materiales carbonatados competentes del Paleozoico, que suponen un cambio litológico y sedimentario importante con respecto a los materiales pelíticos de la unidad anterior. Está integrada por calizas masivas y tableadas, junto con un nivel muy fino de silexitas que se encuentra asociado a las calizas tableadas

- Características geotécnicas

No existen ensayos de laboratorio que ayuden a precisar las características geomecánicas de estos materiales. No obstante, a nivel orientativo, se estima que la resistencia a compresión simple en estado sano es buena ($>250 \text{ Kp/cm}^2$).

En general, la resistencia del macizo rocoso dependerá del grado de carstificación y de la abundancia y naturaleza de las discontinuidades.

- Características constructivas

1. Condiciones de cimentación. El tipo de cimentación será superficial, previa eliminación del horizonte de alteración. Presentan una buena capacidad portante, superior a los valores requeridos para la cimentación de edificios

habituales, pudiéndose aplicar cargas superiores a 30 Kp/cm^2 (Código Británico, Norma DIN-1054).

Un aspecto importante en estos materiales es el grado de carstificación que presentan, para poder evaluar el riesgo local de subsidencia y colapsos del terreno. Aunque la ocurrencia tan dilatada de estos fenómenos en el tiempo resulta poco significativa, es importante evaluarlo para cada caso puntual.

2. Condiciones para obras de tierra.

Excavabilidad. Son materiales Duros, por lo que su excavación precisa el empleo de explosivos. El nivel superficial de alteración es fácilmente excavable.

Estabilidad de taludes. Presentan una estabilidad Alta. Al diseñar un talud habrá que prestar especial atención a la orientación de la estratificación respecto a la del talud ante el peligro de descalces y caída de bloques.

Empuje sobre contenciones. No serán necesarias.

Aptitud para préstamos. Se consideran Terrenos Aptos.

Aptitud para explanada en carreteras. Constituyen Terrenos Adecuados y Seleccionados para coronación de terraplenes y pedraplenes. En desmontes en roca constituyen explanadas de tipo E-3.

Obras subterráneas. Se encuadran como materiales de la Clase II y Clase III (Media y Buena). Para anchuras de tunelación moderadas (0-8m) no se esperan problemas de sostenimiento.

Zona II₄

- Localización

Se localiza principalmente en las laderas de los montes Larún e Ibantelly, entre la serie paleozoica y la cobertera mesozoica.

- Características geológicas

Esta unidad está constituida por un conjunto de arcillas limolíticas en el que se intercalan niveles de conglomerados y brechas polimícticas, con mayor presencia en las zonas basales de la serie..

- Características geotécnicas

De esta unidad no se dispone de datos, al tratarse de una unidad de escasa distribución espacial en esta zona. La característica fundamental es la alternancia de materiales de diferente litología (y por tanto, distinto comportamiento mecánico) y estar fuertemente afectada por planos de discontinuidad. Aparecen en zona de alta pendiente.

La naturaleza de las discontinuidades juega un papel muy importante en la resistencia global del macizo rocoso. Cualquier estudio de detalle que precise la caracterización geomecánica del macizo rocoso deberá atender al estudio completo de sus planos de discontinuidad (orientación, continuidad, espaciado, abertura, relleno y rugosidad).

- Características constructivas

1. Condiciones de cimentación. La capacidad portante del nivel superficial de alteración (regolito) es muy baja, debiendo ser eliminada ante cualquier tipo de cimentación. Entre los problemas que puede aparecer en una cimentación determinada destacan:

Variaciones del grado de diaclasado del macizo rocoso y del espesor de la estratificación, que pueden dar lugar a un comportamiento mecánico desigual en los distintos puntos de apoyo de la cimentación.

Fuerte buzamiento de la pizarrosidad que puede obligar a la ejecución de pernos inyectados bajo los apoyos. Este hecho debe tenerse particularmente en cuenta si los apoyos se encuentran próximos al borde de taludes, en cuyo caso deben estudiarse la disposición y características de los planos de pizarrosidad y diaclasado para determinar la necesidad de recurrir a bulonados

o anclajes que elimine posibles fenómenos de inestabilidad inducida por la aplicación de cargas.

2. Condiciones para obras de tierra.

Excavabilidad. Se consideran Terrenos Medios-Duros, aunque el nivel de alteración superficial pueda ser ripable, la excavación deberá efectuarse por medio de explosivos.

Estabilidad de taludes. Se han observado fenómenos de inestabilidad en los taludes artificiales. En el resto de zonas son estables. Los taludes artificiales dependerán de la orientación, inclinación y naturaleza de los planos de anisotropía con respecto a la orientación e inclinación del talud. Precisarán estudios detallados de campo en este sentido.

Empuje sobre contenciones. En general van a ser bajos, salvo en zonas muy fracturadas o meteorizadas en las que pueden ser de tipo medio.

Obras subterráneas. Se encuadran entre las Clases III (media) y IV (mala) de la Clasificación de Beniaowski, y precisarán sostenimiento (bulones, cerchas) para cualquier anchura de tunelación.

7.3.4.4. Área III

Zona III₁

- Localización

Se localizan bordeando los materiales paleozoicos del Macizo de Quinto Real, en las zonas más elevadas de Larún y en el flanco Norte del sinclinal de Vera. En la zona de Zugarramurdi lo hacen en el flanco sur.

- Características geológicas

Está constituido por conglomerados y areniscas rojas en facies Buntsandstein. Los conglomerados se localizan a base, presentan cantos redondeados de cuarzo y

cuarcita, y se encuentran muy cementados. Las areniscas son de composición cuarcítico-micácea, con cemento silíceo y ocasionalmente ferruginoso.

- Características geotécnicas

En esta ocasión solo se dispone de los ensayos geotécnicos, realizados sobre materiales del Buntsandstein en horizontes profundos no alterados, en hojas próximas, donde las características son similares que en esta Hoja de Vera de Bidasoa. A continuación, se describen los valores más característicos:

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas (Roca inalterada)

Densidad	2,74 gr/cm ³
Meteorización	2
R.Q.D.	80-100 %
Resistencia a Compresión Simple (Qu)	1010 Kp/cm ²
Qu a partir del Point Load Test	1354 Kp/cm ²
E. Brasileño (σ_{tb})	79,1 Kp/cm ²
Cohesión (c)	1,15 T/m ²
Ángulo de Rozamiento (ϕ)	23,2° (51 %)

Destacan los altos valores de resistencia obtenidos en el Ensayo de Compresión Simple y en el de Carga Puntual. Según la terminología de la ISRM, la resistencia a compresión simple será alta (>800 Kp/cm²) en los horizontes inalterados de areniscas y conglomerados y baja en los niveles limolítico-arcillosos (60-200 Kp/cm²).

- Características constructivas

1. Condiciones de cimentación. El Código de Práctica Británico establece cargas admisibles de 44 Kp/cm². Aún tomando los valores conservadores, la capacidad portante de estos materiales está asegurada a tenor de los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a tracción y a compresión. El tipo de cimentación será en general superficial, previa eliminación del recubrimiento superficial y de los niveles superiores más alterados.

Los posibles problemas de cimentación estarán en relación con un comportamiento mecánico desigual de los materiales, como consecuencia del grado de diaclasado y alteración de las areniscas.

2. Condiciones para obra de tierra.

Excavabilidad. Los niveles superficiales, por su alteración y diaclasado son ripables (Terreno Medio), pero en profundidad, precisarán el empleo de explosivos para su excavación.

Estabilidad de taludes. Constituyen materiales de gran estabilidad, con un ángulo de rozamiento interno muy elevado (50 %).

Empuje sobre contenciones. Las contenciones serán necesarias en zonas de alteración fuerte de las areniscas. Pueden esperarse empujes de tipo Medio.

Aptitud para préstamos. Son Materiales Adecuados siempre que no se encuentren alterados y cumplan determinadas especificaciones relativas a granulometría y forma de las partículas.

Aptitud para explanada en carreteras. En desmontes, la categoría de explanada en roca corresponde a la E-3.

Obras subterráneas. Es difícil estimar el grado de fracturación y estado de las diaclasas en profundidad. En conjunto como considerarse un Terreno Medio, de Clase III (RMR=41-60 %), que para anchuras de tunelación normales no plantearía problemas de sostenimiento.

- Localización

Se encuentra ampliamente representado en el valle del río Zía, yn una banda de dirección E-O en Zugarramurdi. Presentan buena expresión morfológica en el paisaje, constituyendo resaltes topográficos.

- Características geológicas

Está constituido por un conjunto de materiales carbonatados competentes del Mesozoico, que engloban las calizas y dolomías del Muschelkalk; brechas, y calizas del Cretácico.

- Características geotécnicas

Se dispone de ensayos de laboratorio referentes al nivel de alteración superficial y de ensayos de resistencia a compresión realizados en niveles profundos inalterados. Aunque no realizados directamente en la zona y en unidades ligeramente diferentes, los valores que se describen a continuación pueden servir de:

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas (nivel de alteración superficial)

Humedad (W)	30,5 %
Contenido en Grava (>5mm)	1,2 %
Contenido en Arena (5-0.08mm)	3,6 %
Contenido en Finos (<0.08mm)	95,2 %
Límite Líquido (WL)	47,9
Límite Plástico (WP)	28,2
Índice de Plasticidad (IP)	19,7
Clasificación de Casagrande	CL-ML-OL

Clasificación ASSHTO	A-7-5-/A-7-6
Grado de Meteorización	3-4
Densidad PROCTOR	1,65 gr/cm ³
Humedad PROCTOR	19,1 %
CBR 95 % Densidad PROCTOR	1,12
CBR 100 % Densidad PROCTOR	1,72
E. Molinete	0,82 Kp/cm ²

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas (Roca Inalterada)

R.Q.D.	60-80 %
Grado de Meteorización	1-2
Resistencia Compresión Simple (Qu)	361 Kp/cm ²
Qu a partir del Point Load Test	672,2 Kp/cm ²

Los resultados de los ensayos en el horizonte superficial alterado nos muestran un conjunto de arcillas y limos orgánicas e inorgánicas, de consistencia media y plasticidad de baja a media, que pueden experimentar cambios de volumen importantes. Presentan un límite líquido próximo a 50 (en algunos casos mayor) y baja capacidad portante, por lo que su comportamiento como material de préstamo en explanadas es malo. los niveles inalterados presentan una buena resistencia a compresión (>250 Kp/cm²).

- Características constructivas

1. Condiciones de cimentación.

El tipo de cimentación será superficial, previa eliminación del horizonte de alteración. Presentan una buena capacidad portante, superior a los valores requeridos para la cimentación de edificios habituales, pudiéndose aplicar cargas superiores a 30 Kp/cm² (Código Británico, Norma DIN-1054).

Un aspecto importante en estos materiales es el grado de carstificación que presentan, como puede observarse en la zona de Zugarramurdi, para poder evaluar el riesgo local de subsidencia y colapsos del terreno. Aunque la ocurrencia tan dilatada de estos fenómenos en el tiempo resulta poco significativa, es importante evaluarlo para cada caso puntual.

2. Condiciones para obras de tierra.

Excavabilidad. Son materiales Duros, por lo que su excavación precisa el empleo de explosivos. El nivel superficial de alteración es fácilmente excavable.

Estabilidad de taludes. Presentan una estabilidad Alta. Al diseñar un talud habrá que prestar especial atención a la orientación de la estratificación respecto a la del talud ante el peligro de descalces y caída de bloques.

Empuje sobre contenciones. No serán necesarias.

Aptitud para préstamos. Se consideran Terrenos Aptos.

Aptitud para explanada en carreteras. Constituyen Terrenos Adecuados y Seleccionados para coronación de terraplenes y pedraplenes. En desmontes en roca constituyen explanadas de tipo E-3.

Obras subterráneas. Se encuadran como materiales de la Clase II y Clase III (Media y Buena). Para anchuras de tunelación moderadas (0-8m) no se esperan problemas de sostenimiento.

Zona III₃

- Localización

Se localizan dentro de la banda cretácica de Zugarramurdi y en general, en los bordes triásicos del macizo de Quinto real. Su naturaleza arcillosa determina una pobre expresión morfológica en el paisaje y baja calidad de afloramiento, al estar normalmente cubiertos.

- Características geológicas

Esta zona está definida por arcillas y yesos, del Buntsandstein y arcillas yesíferas del Triásico superior en facies Keuper.

- Características geotécnicas

Su comportamiento geotécnico es complejo. Como en el resto de unidades, no hay datos de ensayos realizados en estas zonas, aunque en zonas próximas sí se han realizado ensayos en niveles profundos no alterados. A continuación, se describen los valores más característicos:

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas (Roca inalterada)

Densidad seca	1,96 gr/cm ³
Humedad (W)	11,71 %
Contenido en Grava (>5mm)	0,4 %
Contenido en Arena (5-0.08mm)	39,8 %
Contenido en Finos (<0.08mm)	59,8 %
Límite Líquido (WL)	27,1
Límite Plástico (WP)	17,39
Índice de Plasticidad (IP)	9,71
Meteorización	2-5

Clasificación de Casagrande	CL/CL-ML
Clasificación ASSHTO	A-6/A-2-4
Índice de Grupo	4-9
Resistencia a Compresión Simple (Qu)	4,81-24,05 Kp/cm ²
Qu a partir del Point Load Test	805 Kp/cm ²

Los análisis granulométricos se han realizado en niveles detríticos. Se trata de arcillas y limos de baja plasticidad y consistencia media, que experimentan cambios de volumen importantes, y cuyo comportamiento en carreteras es en general malo, a excepción de los niveles detríticos, cuyo comportamiento como explanada es bueno a excelente. En superficie se reconoce una alteración y estructura más floja. El grado de meteorización es muy variable, disminuyendo con la profundidad.

Los ensayos de carga puntual (point load test) se han realizado in situ con muestras de gran profundidad. La dispersión de valores de resistencia muestra el aumento de este parámetro con la profundidad a medida que aumenta la competencia del material, desde los 4,81 Kp/cm² a profundidades inferiores a 30 m; 24,05 Kp/cm² a 90 m; y, 805 Kp/cm² a profundidades superiores a 140 m. Lo mismo sucede con el R.Q.D.

- Características constructivas

1. Condiciones de cimentación. Estos materiales carecen de atractivo desde el punto de vista constructivo, debido a la presencia de yesos y su carácter diapírico. El Código de Práctica Británico, establece presiones admisibles variables entre 0,75 y 3 Kp/cm², esperándose asientos de consolidación a largo plazo, y la Norma DIN 1054 de 2,3-3 Kp/cm². La capacidad portante es suficiente, a tenor de las cifras de resistencia a compresión. En estas condiciones el tipo de cimentación más probable es el superficial, previa eliminación del horizonte superficial de alteración.

La alta agresividad al hormigón, aconseja realizar análisis sistemáticos del contenido en sulfatos. Pueden producirse asientos diferenciales debido a

variaciones del grado de alteración superficial. La impermeabilidad de estos materiales puede provocar encharcamientos en superficie durante la ejecución de las obras de cimentación, lo que acentuaría los problemas de agresividad. Por último, este tipo de terrenos presenta un alto riesgo de hundimientos y colapsos por procesos de disolución.

2. Condiciones para obras de tierra.

Excavabilidad. Los niveles superficiales alterados, de estructura más floja, son fácilmente excavables hasta una profundidad difícil de determinar. En estado sano, se consideran Terrenos Medios; su excavación podrá realizarse por medios mecánicos sin problemas.

Estabilidad de taludes. Desde el punto de vista litológico son muy inestables, por lo que este efecto deberá ser contrarrestado con taludes de bajo ángulo (20-30 %). Se deterioran con el tiempo, por lo que deberán adoptarse medidas para reducir la erosión superficial y sus efectos (hidrosiembra, escalonamiento).

Empujes sobre contenciones. Serán variables en función de la degradación del talud y del grado de saturación de los materiales; pueden considerarse de bajos a altos en zonas muy meteorizadas.

Aptitud para préstamos. Se consideran materiales No Aptos, a lo sumo marginales en cimientos y núcleos de terraplenes.

Aptitud para explanada en carreteras. Se trata de materiales No Aptos, como máximo Marginales; precisarán por tanto, la extensión sobre ellos de una explanada mejorada.

Obras subterráneas. Según los criterios de la Clasificación de Bieniawski estos terrenos se definen como de Clase III: Roca Media (RMR = 41-60).

Zona III₄

- Localización

En esta Hoja constituye importantes afloramientos que incluyen el valle del río Zia, entre Vera de Bidasoa y Lizuniaga y en Zugarramurdi toda la cuenca norte entre esta población y el límite con la frontera francesa. No presenta una buena expresión morfológica en el paisaje, definiendo una topografía de formas alomadas en Zugarramurdi, mientras que en el río Zía ocupan el fondo del valle y zonas aledañas también en relieves ondulados y con poco resalte.

- Características geológicas

Está constituida por depósitos del Cenomaniense-Campaniense, formados por una alternancia de apariencia turbidítica que comienza con unos niveles de brechas de naturaleza calcárea y algunos de ellos silíceos, lutitas y cuarcitas con matriz siempre calcárea de modo que aparece en campo como un tramo calcáreo homogéneo cuando no existen soportes detríticos, distribuidos en bancos decimétricos, tamaño medio de los cantos es del orden de 3 cm. Hacia techo continúa por una alternancia de margas y areniscas calcáreas de tonos cremas, estratificadas en bancos centimétricos.

- Características geotécnicas

La característica fundamental del macizo rocoso que constituye esta zona, es la alternancia de materiales de diferente litología (y por tanto, diferente comportamiento mecánico) en estratos y capas de espesor variable, factores estos que condicionan decisivamente el comportamiento geomecánico del conjunto. Se dispone de ensayos geotécnicos realizados sobre niveles carbonatados sanos en áreas de litología similar y próxima, cuyos valores más característicos se describen a continuación:

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas (Roca Inalterada)

Densidad seca	2,6 gr/cm ³
R.Q.D.	50 %
Grado de Meteorización	1
Resistencia Compresión Simple (Qu)	400,8 Kp/cm ²

Qu a partir del Point Load Test

738 Kp/cm²

Cabe destacar de estos valores el bajo grado de meteorización y los resultados de resistencia, tanto de los ensayos de compresión simple como del de Carga Puntual (Point Load Test), que permiten clasificar los niveles competentes de caliza como rocas de una resistencia media a alta. Los niveles margosos menos competentes, según los criterios de la ISRM se clasifican con una resistencia muy baja (<50 Kp/cm²). Debido a la alta alterabilidad de los niveles margosos y calcomargosos, en superficie se desarrollarán niveles de alteración superficial de profundidad variable.

Desde el punto de vista hidrogeológico, la alta proporción de arcillas y margas marcan la baja permeabilidad del conjunto, por lo que no se espera presencia de agua en profundidad.

- Características constructivas

1. Condiciones de cimentación. La Norma DIN 1054 y el Código Británico establece presiones admisibles de 20 Kp/cm², valores que deben reducirse a la mitad cuando el espesor de los tramos margosos aumenta o la disposición de la estratificación y el grado de diaclasado son desfavorables. Tomando valores conservadores, la capacidad portante de estos materiales se sitúa entre 6 y 10 Kp/cm², suficientes para el caso de edificios habituales en los que las cargas proyectadas son inferiores a 3 - 4 Kp/cm².

El tipo de cimentación será en general, superficial, previa eliminación del recubrimiento superficial de alteración. En algunos casos, será necesario el empleo de zapatas corridas para evitar posibles asientos diferenciales que se produzcan por la presencia de niveles margosos blandos intercalados entre materiales más competentes. La presencia de niveles arcillosos puede provocar fenómenos de punzonamiento.

2. Condiciones para obras de tierra.

Excavabilidad. Los tramos carbonatados constituyen Terrenos Duros, atacables por medios mecánicos. Las margas, arcillas y niveles calcomargosos son en general ripables.

Estabilidad de taludes. Presentan una estabilidad de conjunto buena. Puntualmente pueden producirse desprendimientos de niveles margosos laminados, y fenómenos de vuelco de estratos.

Empuje sobre contenciones. Será de tipo bajo, ocasionalmente de tipo medio en zonas margosas alteradas.

Aptitud para préstamos. Las arcillas, margas y calizas margosas se consideran rocas No Aptas para su uso en terraplenes y pedraplenes. Los niveles de calizas constituyen por el contrario, Terrenos Adecuados y Seleccionados.

Aptitud para explanada en carreteras. En terraplenes y pedraplenes solo los niveles de calizas constituyen préstamos adecuados para la coronación de los mismos. En el caso de desmontes, la categoría de la explanada en calizas es la E-3, mientras que en tramos arcillosos margosos y calcomargosos, constituyen Terrenos Marginales, precisando la extensión sobre ellos de una plataforma mejorada.

Obras subterráneas. Se encuadran entre la Clase III (Calidad Media) y Clase IV (Calidad Mala), jugando un papel importante la orientación de la estratificación. En general, precisarán labores de sostenimiento.

7.3.4.5. Área IV

Zona IV₁

- Localización

En esta hoja de Vera de Bidasoa, los únicos ejemplos se encuentran en las proximidades de la localidad de Zugarramurdi, donde rellenan el fondo de unas dolinas de forma alargada multitud de pequeños afloramientos discontinuos, asociados en materiales carbonatados, a procesos y estructuras cársticas.

- Características geológicas

Está definida por arcillas de descalcificación, un producto residual de la disolución de carbonatos en procesos cársticos, que se disponen en afloramientos discontinuos tapizando el fondo de dolinas. Litológicamente se trata de arcillas pardo rojizas con un cierto contenido en limo y arena, así como fragmentos de rocas carbonatadas. Presentan una potencia variable que está en función de la intensidad del proceso de carstificación y del tamaño de la forma que rellenan.

- Características geotécnicas

No se dispone de ensayos geotécnicos detallados, no obstante, las observaciones de campo indican que se trata de depósitos arcillosos de extensión reducida y poco consolidados que se comportan como un suelo de consistencia media-blanda.

Dada su estrecha relación con procesos de carstificación, un aspecto importante a considerar y que deberá completarse en cualquier reconocimiento geotécnico de detalle es la intensidad de los procesos cársticos que presentan los materiales carbonatados subyacentes, y por consiguiente, se analizarán en las situaciones más desfavorables los posibles hundimientos en cimentaciones.

- Características constructivas

1. Condiciones de cimentación. El Código de Práctica Británico establece presiones admisibles entre 0,75 y 3 Kp/cm², esperándose asientos de consolidación a largo plazo, mientras que la Norma DIN 1054, para profundidades de cimentación de 2 m, establece cargas admisibles del orden de 2,5 - 3 Kp/cm², esperándose asientos en torno a 4 cm.

No obstante, aunque para determinados tipos de edificios presenten suficiente capacidad portante, se localizan en emplazamientos (zona de recarga cárstica) muy desfavorables para proyectar sobre ellos cargas concentradas. Por este motivo, y a falta de estudios detallados, no es aconsejable situar puntos de apoyo en estos materiales.

2. Condiciones para obras de tierra.

Excavabilidad. Constituyen Terrenos Medios-Blandos; su excavación puede realizarse por medios mecánicos sin dificultad.

Estabilidad de taludes. Dependen de la extensión del afloramiento y del espesor de los materiales. Pueden producirse pequeños deslizamientos de carácter superficial.

Empuje sobre contenciones. Son variables en función del grado de saturación de los materiales. Se consideran de Bajos a Medios.

Aptitud para préstamos. Constituyen materiales Inadecuados. En algunas situaciones pueden constituir Terrenos Marginales en cimientos y núcleos de terraplenes, pero nunca en la coronación de los mismos.

Aptitud para explanada en carreteras. Para desmontes en roca, se clasifican como No Aptos. Precisarán por tanto la extensión sobre ellos de un firme mejorado.

Obras subterráneas. En general, las obras subterráneas importantes afectarán al sustrato. Obras de menor entidad, encontrarían un terreno difícil, según lo expuesto en la Metodología.

Zona IV₂

- Localización

Los materiales coluvionares están muy desarrollados en toda la Hoja, apareciendo en casi todas las laderas de los relieves, los canchales aparecen a pie de los principales escarpes, aunque frecuentemente estas masas son una mezcla de coluviones y canchales y las masas deslizadas en zonas de alta pendiente y sobre litologías blandas (recubrimientos superficiales y zonas de alteración) o alternantes.

- Características geológicas

Corresponden a depósitos cuaternarios constituidos por canchales, coluviones, deslizamientos y formas poligénicas. Están formados por arcillas limosas o areniscas

con abundantes cantos y gravas de materiales carbonatados y areniscosos que se presentan sueltos, sin ningún tipo de cementación. En el caso de los canchales se trata de una acumulación de bloques muy heterométricos, sin apenas elementos finos. Merecen mención especial las masas deslizadas, que se forman a partir de recubrimientos coluvionares, zonas de alteración superficial y litologías blandas o alternantes.

Sus espesores son muy variables, aunque predominan los de reducido espesor.

- Características geotécnicas

Se trata de depósitos escasamente consolidados, donde los problemas geotécnicos están condicionados con la disposición geomorfológica y estratigráfica de los materiales. En esta ocasión se dispone de ensayos geotécnicos procedentes de catas realizadas en depósitos coluvionares. A continuación se describen los valores más significativos.

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas

% Humedad	31,6
Contenido en Grava (>5mm)	1,9 %
Contenido en Arena (5-0.08mm)	4,3 %
Contenido en Finos (<0.08mm)	93,8 %
Límite Líquido (WL)	51,4
Límite Plástico (WP)	27,7
Índice de Plasticidad (IP)	23,7
Densidad <small>PROCTOR</small>	1,51 gr/cm ³
Humedad <small>PROCTOR</small>	18,5 %

CBR _{95 % Densidad PROCTOR}	4,93
CBR _{100 % Densidad PROCTOR}	8,1
Clasificación de Casagrande	CH-MH-OH
Clasificación ASSHTO	A-7-5/A-7-6
Grado de Meteorización	4
E. Molinete	0,96 Kp/cm ²
Contenido en Carbonatos	0,82 %

Teniendo en cuenta estos datos, los materiales analizados están constituidos por suelos limo-arcillosos de alta plasticidad, que presentan un cierto contenido en grava y arena, así como en materia orgánica. Presentan consistencia media, baja capacidad portante y importantes cambios de volumen, por lo que su comportamiento en explanadas puede calificarse como de regular a malo.

Desde un punto de vista hidrogeológico, carecen en conjunto, de un nivel freático continuo.

- Características constructivas

1. Condiciones de cimentación. Se consideran cargas admisibles entre 1,5-2 Kp/cm². En general, se debe cimentar sobre el sustrato rocoso, mediante cimentación superficial o semiprofunda por pozos, todo ello en función de la profundidad de los materiales, con el fin de evitar posibles fenómenos de inestabilidad, sobre todo en áreas con pendientes apreciables. Hay que prestar atención al contenido en humedad ante las posibilidad de cambios volumétricos.

2. Condiciones para obras de tierra.

Excavabilidad. Se consideran Terrenos Medios; su excavación puede realizarse por medios mecánicos sin dificultad.

Estabilidad de taludes. Constituyen depósitos no consolidados de baja estabilidad. Taludes de alturas superiores a 4 m no deberán superar los 30°.

Empuje sobre contenciones. En general, serán de tipo Medio.

Aptitud para préstamos. Previa eliminación de la cubierta vegetal, constituyen suelos Marginales.

Aptitud para explanada en carreteras. En desmontes en roca, para conseguir categoría de explanada tipo E-3 precisarán la extensión sobre ellos de un firme seleccionado.

Obras subterráneas. Debido a su reducido espesor, este tipo de obras afectarán a materiales del sustrato. No obstante, para obras de pequeña envergadura, nos encontraremos con Terrenos Difíciles, que en principio precisarán entibación total.

Zona IV₃

- Localización

Constituyen los depósitos fluviales y aluviales de los principales valles y barrancos, alcanzando su máxima expresión en el valle río Bidasoa y en su afluente el Zía.

- Características geológicas

Corresponden a conos de deyección y depósitos de fondo de valle, formados por gravas y cantos de naturaleza calcárea y cuarcítica, arenas, limos y arcillas. Su proporción y distribución es muy variable, aumentando la proporción de finos en los depósitos de fondo de valle. La naturaleza de la fracción gruesa depende del área de procedencia.

- Características geotécnicas

Se trata de materiales poco consolidados, donde los problemas geotécnicos están condicionados a su disposición geomorfológica y estratigráfica. Se dispone de ensayos geotécnicos procedentes de catas realizadas en materiales semejantes en las la Hojas de Sumbilla (90-II) y Arraiz (90-IV). A continuación se resumen los valores más representativos:

Cuadro Resumen de Características Geotécnicas

Contenido en Grava (>5mm)	0,8 %
Contenido en Arena (5-0.08mm)	17 %
Contenido en Finos (<0.08mm)	82,2 %
Límite Líquido (WL)	44,1
Límite Plástico (WP)	19,5
Índice de Plasticidad (IP)	24,6
Clasificación de Casagrande	CL
E. Penetración Standard	61
E. Molinete	0,41 Kp/cm

A la vista de estos resultados, se puede decir que se trata en general de suelos arcillosos inorgánicos de baja plasticidad, que presentan un cierto contenido en gravas y arenas. Su comportamiento en explanadas se califica de regular a malo.

- Características constructivas

1. Condiciones de cimentación. Para el conjunto de los materiales que definen la Zona, se estima una capacidad portante variable entre 1 y 3,5 Kp/cm², dependiendo de que se trate de un limo de consistencia más o menos rígida o una grava de compacidad alta, y de la presencia o ausencia de nivel freático.

El tipo de cimentación será superficial, salvo cuando no se reúnan las condiciones anteriores, las cargas proyectadas sean superiores a las dadas, en el caso de depósitos aluviales (con alto riesgo de avenidas), que será necesario encontrar niveles profundos más resistentes (incluso el sustrato). En estos casos, el tipo de cimentación será semiprofunda.

Los condicionantes geotécnicos más importantes estarán relacionados con la posición del nivel freático, que puede dar lugar a subpresiones y fenómenos de inestabilidad en excavaciones y obras, así como agotamientos importantes. Por otro lado, la presencia de intercalaciones de arcillas blandas puede provocar asentamientos diferenciales no admisibles.

2. Condiciones para obras de tierra.

Excavabilidad. Constituyen Terrenos Medios, su excavación puede efectuarse por medios mecánicos sin dificultad.

Estabilidad de taludes. La estabilidad del talud dependerá de la profundidad del nivel freático y del tipo unidad morfológica. En general, para alturas superiores a 3 m pueden proyectarse taludes 3H: 4V. De manera ocasional, pueden producirse pequeños desprendimientos de cantos de escasa relevancia en los bordes de taludes subverticales.

Empujes sobre contenciones. Serán de tipo Medio. En zonas de gravas varían de Altos a Bajos en función de la profundidad del nivel freático.

Aptitud para préstamos. En general, constituyen Terrenos Marginales. Los tramos de gravas se consideran Aptos, si bien precisan una clasificación que elimine los tamaños gruesos (8-10 cm).

Aptitud para explanada en carreteras. Para constituir explanadas de tipo E-1 en desmontes en roca, precisan sobre ellos la extensión de 50 cm de Suelo Adecuado (ej.: grava clasificada).

Obras subterráneas. Las obras subterráneas de envergadura afectan al sustrato. Sin embargo en obras de menor diámetro (conducciones

subterráneas) encontrarán Terrenos Dificiles, según lo establecido en la metodología, que precisarán entibación total.

8. BIBLIOGRAFÍA

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. .

ALBAREDE, F. y MICHARD-VITRAC, A.1978.“Datation du metamorphisme des terrains secondaires des Pyrénées par les méthodes ^{39}Ar - ^{40}Ar et Rb 87-87Sr. Les relations avec les périodotites associées”.Bull. Soc. Géol de France, 7, XX, 5, (681-687)

AMIOT, M..1982.El Cretácico superior de la región Navarro-Cantábra..“Cretácico de España” Univ.Compl. Madrid

.AZAMBRE, B,;RAVIER,J. Y THIEBAUT, F.1971.“A propos du phénomène de dipyrisation des roches éruptives d’age secondaire des Pyrénées”.C.R. Ac.Sc. Paris, 272,(2137-2139)

BERTRAND, L..1911.Sur la structure géol. des Pyrénées occid. et leurs relations avec les Pyrénées orient. et cent.; essai dune carte struct. Pyrén..Bull. Soc. Géol. France, 4 sér., 11, pp. 122-153, 6 figs., 1 pl., Paris.

BRINKMANN, V.R.; LOGTERS, M..1967.Die Diapire der Spanischen Westpyreneae und Lhers Vorlander.Beih. Geol. J.b. 66

CAMARA, P. y KLIMOWITZ, J..1985.Interpretación geodinámica de la vertiente centro-occidental surpirenaica.Estudios geológicos nº 41, 391-404.

CAMPOS, J., GARCIA-DUEÑAS, V., SOLE, J., VILLALOBOS, L..1975.Mapa geologico de España. E. 1:50.000, 2ºser. Hoja nº 65 (Vera de Bidasoa)

CAMPOS, J..1979.“Estudio geológico del Pirineo vasco al W del río Bidasoa”.Munibe,31, 1-2.(3-139)

CAMPOS, K.; LAMOLDA, M y MATHEY, B.1980.“Los términos basales del Cretácico superior del Domo de Fagollaga (Hernani, Guipúzcoa)”.Cuad. De Geol. Ibérica, 5,(327-337)

CAPDEVILLA, R. Y CHOUKROUNE, P..1971.“Sur la presence de filons á zeolites et préhnite dans le secondaire metamorphique de la zone nord-pyrénéenne orientale”.C.R., somm. Soc. Géol. De France, 5 (227-278)

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.; NIÑEROLA, S. y OTAMENDI, A..1982.Las aguas subterráneas en Navarra. Proyecto hidrogeológico.Diputación Foral de Navarra, 230 pp.

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.

CORPAS, J.R..1991.Guía de Navarra..Ed. El País-Aguilar, 231 pp., Madrid..CHOURKROUNE, P..1972. "Relations entre tectonique et métamorphisme dans les terrains secondaires de la zone nord-pyrénéenne centrale et orientale".Bull. Soc. Géol. De France, 7, XIV, (3-11)

CHOUKROUNE, P..1976."Structure et evolution tectonique de la zone nord-pyrénéenne. Analyse de la deformation dans une portion de chaine a schistosité subvertical".Mém. Soc. Géol de France, Lv,7, 127, 116 pp.

DEBROAS, E.J..1976."Nouvelles observation sur les relations entre métamorphisme et tectonique dans les terrains secondaires des Pyrénées".C.R. Acad. Sc. Paris, 283 D. (1707-1710)

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 - I.T.G.E.

EGUILUZ, L.; GARROTE, A.; LLANOS, H..1982.El metamorfismo de los materiales mesozoicos en la prolongación occidental de la falla nordpirenaica (sector de Leiza, Navarra).Bol. Soc. Esp. Min. 6, 81-91

EWERT, F.K..1964.Geologie des Südteiles des Baskischeu Pyrenäen..Diss. Univ. Münster, pp 223. Münster.

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..1965.Contribution á la connaissance du Crétace moyen du Nord et de l'Oueste de la Navarre espagnole..Actes 4º Congrès Intern. Etudes Pyrénéennes, Pau-Lourdes, 11,16 sept.1962, 1, sect.1, pp.

FEUILLEE, P., SIGAL, J..1965.Le transgression du Crétacé supérieur (flysch nord-pyrénéen) sur le massif des Cinco-Villas (Pyrénées basques)..Bull. Soc. Géol. De France, 7, VII, (15-55)

FEUILLEE, P..1967.Le Cenomanien des Pyrénées basques aux Asturies. Essai d'analyse stratigraphique.Mem. Soc. Géol. Fr. 108

FEUILLEE, P.; RAT, P..1971.Structures et paleogeographie pyreneo-cantabrique..En Hist.Struct. du Golfe de Gascogne, Ed. Technip. Paris 2

FEUILLEE, P..1971.Les calcaires biogéniques de l'albien et du cenomanien pyrénéo-cantabrique: Problèmes d'environnement..Palaeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 9

FLOQUET, M.; MATHEY, B.; ROSSÉ, P.; VADOT, J.P..1988.Age céno manien et turonoconiacien des calcaires de Sare (Pays basque). Conséquences paléomorphologiques et tectonogénétique pour les Pyrénées occidentales..Bull. Soc. Géol Fr., (8), 6.

FONTBOTE, L..1981.Strata-bound Zn-Pb-f-Ba, deposits in carbonate rocks: new aspects of paleogeographic location.Inaugural Diss. Ruprecht Karl-Universitat

GALDANO, A..1980.Sur l'existence d'accidents transversaux a la chaine pyrénéenne: apports des sondage geomagnetiques profonds dans le Pays Basque.C.R. Acad. Sc. Paris 290

GALLART, J.; BANDA, E.; DAIGNIERES, M..1981.Crustal structure of the Paleozoic Axial Zone of the Pyrenees and transition to the North Pyrenean Zone.Ann. Geophys 35

GARCIA - MONDEJAR, J..1982.Aptiense - Albiense..In: El Cretácico de España. Univ. Compl. Madrid, pp 63-84.

HEDDEBAUT, C..1965.Recherches stratigraphiques et paleontologiques dans le massif des Aldudes (Basses - Pyrénées)..Bul. Soc. Geol. France, 7.

HEDDEBAUT, C..1967.Observations tectoniques sur le massif des Aldudes (Basses Pyrénées)..C.R. Somm Seances Soc. Geol. France.

HEDDEBAUT, C..1970.Sur l'age des formations paleozoiques du Massif du Cinco Villas..C.R. Somm. Sc. Geol. France. T.6

HEDDEBAUT, C..1973.Études géologiques dans les massifs paleozoïques basques.Thèse. Univ. Sc. Tech. Lille, 263 pp.

HEDDEBAUT, C..1975.Études géologiques dans les massifs paleozoïques basques.Bulletin du B.R.G.M., Section IV, n° 1

I.T.G.E..1990.Mapa del Cuaternario de España a escala 1:1.000.000

ITGE-ENRESA.Inédito.Mapa Neotectónico y Sismotectónico de España a escala 1:1.000.000

LAMARE, P..1927.Sur la structure des Pyrénées navarraïsses..C.R. XIV° Congr. Geol. Intern., T. 2, p. 693-698, Madrid.

LAMARE, P..1931.Les éléments structuraux des Pyrénées basques d'Espagne. Essai de synthese tectonique..Bull. Soc. Geol. Fr. (5) 1,95-130

LAMARE, P..1928.Sur un tipe d' accident tectonique affectant les plis de fond pyrénées du Pays Basque Espagnol..C.R. ac. Sc. Paris 187

LAMARE, P..1932.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.

LAMARE, P..1936.Recherches géologiques dans les Pyrénées Basques d'Espagne..Mem. Soc. Geol. France (N.S.) 12, 27; pp 464. Paris.

LAMARE, P..1954.Superposition des mouvements orogéniques anté-Aptiense, anté-cénomaniens et éocènes sur la lisière septentrionale des Pyrénées Basques.C.R. somm. Soc. Géol. France, 5 (110-113)

LOTZE, F..(1930-31).Nordostlich gerichtete strukturelemente im bau der Westpyrenaen.Narch Ges. d. Wiss. Gottingen, Math-Phys. Kl.,(1-13)

LOTZE, F..1932.Sur l'age des mouvements ayand donné naissance á la nappe des marbres des Pyrénées navarraises.C.R. somm. Soc. Géol. De France, 5,(101-103)

LOTZE, F..1946.Sobre los cambios de vergencia con ejemplo del Pirineo occidental..Pub. Extr, sobre Geol. De España. III (271-283)

LUCAS, C..1987.Estratigrafía y datso morfo-estrcturales sobre el Pérmico y Tríasico de Fosas Norte Pirenaicas.Cuadernos Geología Ibérica. Vol 11.

MARTINEZ TORRES, L.M..1989.El Manto de los Mármoles (Pirineo Occidental): Geología estructural y evolución geodinámica..Tesis doctoral. Univ. País Vasco. 290 pp.

MARTINEZ TORRES, L.M..1997.Transversal a la Cuenca Vasco-Cantabrica: Introducción a la estructura y evolución geodinámica..IX Reunión de la Comisión de Tectónica de la S.G.A.E..Servicio editorial Universidad Pais Vasco

MATHEY, B..1983.Le systeme du flysch calcaires.Mem. Geol. Univ. Dijon. 9

MATTAUER, M.; PROUST, F. Y RAVIER, J..1964.Remarques sur l'age du metamorphisme pyrénéenne..C.R. somm. Soc. Géol. De France, 3, (129-130)

MATTAUER, M. y SEGURET, M..1971.Les relations entre la chaîne des Pyrénées et le Golfe de Gascogne..In: Histoire structurale du Golfe de Gascogne, t 1. Publ. Inst. Français Pétrole. Ed. Technip. Pp. IV-4-1 a IV-4-24.

.MENSUAS, S..1960.La Navarra media oriental. Estudio geográfico..Inst. Príncipe de Viana, Dep. Geol. Aplic. Zaragoza, Serv. Reg. 8, 186, pp., 40 figs. y 25 láminas.

MIROUSE, R..1967.Le Dévonien des Pyrénées occidentales et Centrales (France)..Interm. Sympos. Devonian System. Vol., I, pp. 153-170, 1 fig., Calgary.

MOHR, R. y PILGER, A..1965.Das Nord-Süd-streichende Lineament von Elizondo in den westlichen Pyrenäen..Geol. Rdsch., 54 (1964), 2, s. 1044-1060, 7 Abb., Stuttgart.

MONTIGNY, R.; AZAMBRE, B.; ROSSY, M.y THOIZAT, R..1986.K.Ar study of cretaceous magmatism and metamorphism in the Pyrenees: age and length of rotation of the Iberian - peninsula.Tectonophysics.129, (257-273)

MULLER, J..1967.Sur la superposicion des déformations dans les Pyrénées occidentales..C.R. Acad. Sc. 265, Sér. D. pp. 400-402, Paris.

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.

OTERO MAZO C..1978.Ensayos de laboratorio en la mecánica de Rocas.Boletín del Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo nº 127

PEÑA, J.L..1984.Geomorfología de la provincia de Teruel.Instituto de Estudios Turolenses. Teruel.

RAMIREZ DEL POZO, J..1971.Bioestratigrafía y facies del Jurásico y Cretácico del norte de España.Mem.del I.G.M.E..

RAMIREZ, I.; OLIVE, A.; VILLALOBOS, L.; SOLE, J..1986.Mapa geologico de España. E. 1:50.000, 2ºser. Hoja nº 89 (Tolosa)

RAT, P..1959.Les Pays Basco Cantabriques.Thesis. Fac. Sc. Univ. Dijon T18

RAT. P..1963.Problemes du Cétacé inferieur dans les Pyrénées et le nord de l'Espagne.Sonderd Geol. Rundschau nº53

RAT. P..1983.Une sur le Cretace Basco-Cantabrique et Nord-Iberique..Mem. Geol, Univ. Dijón

RAVIER, J..1959.Le métamorphisme des terrains secondaires des Pyrénées..Mem. Soc. Géol. De France, XXXVIII, 2-3, 86, 250 pp

RAZIN, P..1989.Évolution tecto-sédimentaire alpine des Pyrénées Basques a l'ouest de la transformante de Pamplona..Thèse, Univ. Bordeaux III, Bordeaux, 463 pp

REQUADT, M..1974.Aperçu sur la stratigraphie et le facies du Devonien inferieur et moyen dans les Pyrénées Occidentales d'Espagne..Pirineos, III

RIBA, O..1974.Tectogénesis et sédimentation: deus modèles de discordances syntectoniques pyrénéennes..Bull. B.R.G.M., 2,I,4, (384-401)

RICATEU, R. Y CHOUKROUNE, P..1970.Les consequences structurales de la présence de Crétace supérieur dans la zone nord-pyrénéenne ariégeoise..C.R. somm. Soc. Géol. De France. 6, (190-191)

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.

SCHOTT, J.J..1985.Paleomagnetisme des séries rouges de Permien, du Trias et du Crétacé inférieur dans les chaines pyrénéo-cantabriques et nord-ouest ibériques. Implications géodynamiques.Thèse, Univ. Louis Pasteur, Strasbour, 328 pp

SIBSON, R.N..1977.Fault rocks and fault mechanisms.J. Geol. Soc. London, 133

SOLER y JOSE, R..1972.El Jurásico y Cretácico inferior de Leiza y Tolosa..Bol. Geol. Min. T. 83, VI

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, 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.

VAN DER VOO, R; BOESSENKOOL, A..1973.Permian paleomagnetic result from the Western Pyrenees, delieating the boundary between de Iberian Peninsula and Stable Europe..Jour. Geophys, Research. 78 (5118-5127)

VILLALOBOS, L.y RAMIREZ, J..1974.Contribución al estudio del Cretácico superior de facies flysch de Navarra..Pirineos III.

VOLTZ, H..1964.Zur Geologie der Pyrenaiden im Nordwestlichen. Navarra-Spanien..Tesis, Munster-Diss, 192 äpp

WALGENWITZ, R..1976.Etude petrol. des roches intrusives trias. des ecailles du socle profond et gîtes de chlorite de la region d'Elizondo (Nav., Espag.)..These de l'Université de Besangou, pp. 172.

WINNOCK, E..1971.Geologie succincte du bassin d'Aquitaine (contribution á l'histoire du Golfe de Gascogne)..En "Hist. Struc. du Golfe ed Gascogne, DE. Technip, Paris, (IV.1.1 . IV. 1-30)

ZUAZO, J.A..1986.Geologia del sector central del Arco Vasco (entre los meridianos de Tolosa y Berastegui).Tesis de Licenciatura, Univ. País Vasco, 125 pp.