



Gobierno de Navarra

Departamento de Obras Públicas,
Transportes y Comunicaciones

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE NAVARRA

ESCALA 1:25.000

HOJA 90-IV

ALKOTZ

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	4
2.1.1. Devónico-Carbonífero	5
2.1.1.1. Esquistos y margas con intercalación de calizas lenticulares (nivel 26). Fm Argus. Givetiense-Frasniense	5
2.1.1.2. Cuarcitas con intercalaciones de pizarras (nivel 28). Fm. Adarza. Areniscas y pizarras (nivel 30). Fm. Zuregún. Esquistos y areniscas (nivel 31). Fm. Zocoa. Frasnense	6
2.1.1.3. Areniscas y esquistos (nivel 32) Fm. Trepa. Cuarcitas (nivel 33) Fm. Ocoro. Frasnense.	7
2.1.1.4. Esquisto y areniscas (nivel 29). Cuarcitas, areniscas y esquistos. (nivel 34). Frasnense.	7
2.1.1.5. Esquistos (nivel 35), Fm. Artesiaga. Frasnense.....	8
2.1.1.6. Calizas (nivel 36). Fm. Picuda. Frasnense	9
2.1.1.7. Areniscas y esquistos (nivel 37). Fm. Abartán. Frasnense-Tournaisiense.....	9
2.1.1.8. Calizas (nivel 41). Fm. Zuriáin. Viseiense.	10
2.1.1.9. Esquistos con intercalaciones dolomíticas (nivel 43). Fm. Arga. Namuriense B	10
2.1.1.10. Calizas y esquistos (nivel 42). Viseiense-Namuriense B	11
2.1.1.11. Dolomías tableadas (nivel 44) Fm. Ochaverri. Viseiense-Namuriense-B	11
2.1.1.12. Dolomías (nivel 45). Fm. Asturreta. Dolomías con intercalaciones de magnesita (nivel 46). Namuriense B	12
2.1.1.13. Dolomías, esquistos y calizas (nivel 47). Fm. Baserdi. Namuriense B.....	13
2.1.1.14. Dolomías (nivel 48). Namuriense B.....	13
2.1.1.15. Alternancia de esquistos y grauvacas (nivel 49) Fm. Olazar. Namuriense B-Westfaliense.....	13
2.1.1.16. Análisis secuencial del Devónico-Carbonífero.....	14
2.1.2. Pérmico	15
2.1.2.1. Arcillas, limos y conglomerados (nivel 71). Pérmico	15
2.1.2.2. Análisis secuencial del Pérmico.....	16
2.2. MESOZOICO	16
2.2.1. Triásico.....	17
2.2.1.1. Conglomerados y areniscas (nivel 102). Areniscas rojas (nivel 103). Arcillas y areniscas (nivel 104). Facies Buntsandstein. Triásico inferior.	17
2.2.1.2. Calizas y dolomías (nivel 107). Arcillas abigarradas (nivel 108). Facies Muschelkalk. Triásico medio.	19
2.2.1.3. Arcillas yesíferas (nivel 109). Facies Keuper. Triásico superior	20

2.2.1.4.	Análisis secuencial del Triásico	21
2.2.2.	Jurásico	21
2.2.2.1.	Dolomías, calizas y brechas calcáreas (nivel 113). Triásico superior-Sinemuriense...	22
2.2.2.2.	.Margas y calizas (nivel 114). Sinemuriense-Aalenense	22
2.2.2.3.	Análisis secuencial del Jurásico.....	23
2.2.3.	Cretácico.....	24
2.2.3.1.	Calizas con construcciones de Rudistas (nivel 133). Margas (nivel 134) Aptiense-Albiense inferior.....	24
2.2.3.2.	Arcillas, areniscas y pizarras (nivel 140). Calizas (nivel 145). Conglomerados calcáreos (nivel 143). Albiense-Cenomuriense inferior	25
2.2.3.3.	Alternancia de margas, areniscas y calizas (nivel 166). Cenomaniense-Turonense ..	27
2.2.3.4.	Análisis secuencial del Cretácico	28
2.3.	CUATERNARIO	29
2.3.1.	Holoceno.....	29
2.3.1.1.	Acumulación de bloques, arcillas y arenas (nivel 545). Deslizamientos. Holoceno	29
2.3.1.2.	Bloques y arcillas (nivel 548) Canchales. Holoceno	30
2.3.1.3.	Arcillas y areniscas con cantos y bloques (nivel 543). Coluviones. Holoceno.....	30
2.3.1.4.	Cantos, gravas, arenas y arcillas (nivel 536). Conos de deyección. Holoceno	30
2.3.1.5.	Cantos, gravas, arenas y arcillas (nivel 527) Aluvial. Holoceno	31
3.	TECTÓNICA.....	32
3.1.	CONSIDERACIONES GENERALES	32
3.2.	DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS	33
3.2.1.	Discordancias	33
3.2.2.	Pliegues	34
3.2.3.	Fracturas	35
3.3.	CRONOLOGÍA DE LA DEFORMACIÓN	36
4.	GEOMORFOLOGÍA.....	39
4.1.	DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA	39
4.2.	ANTECEDENTES	41
4.3.	ANÁLISIS MORFOLÓGICO	41
4.3.1.	Estudio morfoestructural	42
4.3.2.	Estudio del Modelado	43
4.3.2.1.	Formas fluviales	44
4.3.2.2.	Formas de laderas.....	45
4.4.	FORMACIONES SUPERFICIALES	46
4.5.	EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA.....	48
4.6.	PROCESOS ACTUALES	49

5. PETROLOGÍA	51
5.1. ROCAS ÍGNEAS.....	51
5.1.1. Diabasas (nivel 2)	51
5.1.2. Ofitas (nivel 1).....	52
5.2. ROCAS METAMÓRFICAS	52
5.2.1. Metamorfismo regional	52
5.2.2. Metamorfismo de contacto	53
6. HISTORIA GEOLÓGICA.....	54
6.1. EL CICLO HERCÍNICO.....	54
6.2. EL CICLO ALPINO	54
7. GEOLOGÍA ECONÓMICA	58
7.1. RECURSOS MINERALES.....	58
7.1.1. Minerales metálicos y no metálicos.....	58
7.1.1.1. Cobre.....	58
7.1.1.2. Hierro	59
7.1.1.3. Mercurio.....	59
7.1.1.4. Plomo	59
7.1.1.5. Wolframio.....	59
7.1.2. Minerales y rocas industriales	60
7.1.2.1. Caliza	60
7.1.2.2. Caolín	60
7.1.2.3. Magnesita.....	60
7.1.3. Interés potencial de los recursos mineros.....	61
7.2. HIDROGEOLOGÍA	63
7.2.1. Introducción	63
7.2.2. Descripción hidrogeológica	63
7.2.2.1. Aptiense-Albiense inferior.....	65
7.2.2.2. Acuíferos aislados del Paleozoico (Devónico sup. y Carbonífero)	65
7.2.2.3. Buntsandstein-Muschelkalk.....	66
7.2.2.4. Depósitos cuaternarios.....	66
7.2.3. Características hidrogeológicas	67

1. INTRODUCCIÓN

La Hoja a escala 1:25.000 de Alkutz (90-IV), incluida en la Hoja a escala 1:50.000, de Sumbilla (90), se encuentra situada en el sector septentrional navarro, concretamente en la zona de confluencia entre las elevaciones pirenaicas, representadas por el Macizo de Quinto Real, y la comarca de La Ulzama, que ocupa el sector occidental.

Su accidentado relieve muestra una tendencia a la disminución altimétrica de E a O, desde los 1.419 m. del monte Sayoa hasta los 550 m. de las proximidades de Alcoz, esta disminución coincide con una variación paisajística desde elevaciones abruptas desprovistas de vegetación hasta los verdes prados característicos del dominio de La Ulzama, pasando por espesos bosques altos que constituyen el ecosistema de mayor representación.

Una barrera topográfica de orientación E-O, en la que se encuentra enclavado el puerto de Velate, separa dos contrastados dominios hidrográficos: al N, la vertiente cantábrica y al sur, la mediterránea. Así los profundos barrancos y arroyos del sector septentrional corresponden a la cuenca del río Bidasoa, en tanto que los cursos del sector meridional pertenecen a la cuenca del río Arga, destacando entre éstos el río Ulzama.

La densidad de población es extremadamente baja, con amplias zonas totalmente deshabitadas, pudiendo señalarse Arraiz-Orquiez, Alcoz y Ventas de Arraiz, como únicos núcleos de población, todos ellos de muy poca entidad. Su principal ocupación se centra en la ganadería, con cierta representación del sector industrial en las inmediaciones de Alcoz.

La deficiente red de comunicaciones está representada de forma casi exclusiva por la carretera nacional 121 que une Pamplona con Francia a través del paso de Dancharinea.

Desde un punto de vista geológico, 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 su 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 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 estructura de la Hoja se articula en torno a la citada falla de Pamplona, que separa la Zona Axial, representada por el macizo de Quinto Real, del Arco Vasco, correspondiente al dominio de La Ulzama; no obstante, en este último se deja sentir la influencia de la falla de Leiza, prolongación de la falla Norpirenaica, considerada el límite entre las placas Ibérica y Europea, y situada a unos cinco kilómetros al N de la Hoja.

En líneas generales, el macizo de Quinto Real se caracteriza por un conjunto de pliegues de orientación submeridiana vergentes hacia el O, de entre los que destaca el anticlinal de Artesiaga, junto a una intensa fracturación de dirección NE-SO. Por contra, en el dominio de La Ulzama predominan los pliegues orientados de E a O, que hacia el S. se tornan NO-SE, posiblemente como consecuencia de la actuación de la falla de Pamplona, cuya presencia parece confirmada por la profusión de rocas subvolcánicas (ofitas), en el denominado "Lacolito" de Almandoz.

La cartografía de la presente Hoja está basada en la realizada a escala 1:25.000 por la DIPUTACIÓN FORAL DE NAVARRA, habiendo sido actualizada en base a criterios estructurales y sedimentarios fundamentalmente.

Son muy numerosos los trabajos de carácter general que pueden encontrarse en la literatura regional acerca del Pirineo y la Cuenca Vasco-Cantábrica, tal como puede apreciarse en el capítulo correspondiente a bibliografía. De entre los que afectan de forma específica al territorio ocupado por la Hoja, destacan por su abundancia los relativos a los terrenos paleozoicos del macizo de Quinto Real, de entre los que pueden destacarse los de PILGER (1.974), QUEMENEUR (1.974) y REQUADT (1.974).

Por su utilidad durante la elaboración del presente trabajo, es preciso señalar el trabajo de DEL VALLE et al. (1.973), con motivo de la realización de la Hoja geológica a escala 1:50.000 de Sumbilla (90), correspondiente al Plan MAGNA, así como la tesis doctoral de MARTÍNEZ TORRES (1.989), que aborda el estudio de las estructuras existentes en el tránsito entre el Pirineo occidental y el Arco Vasco.

2. ESTRATIGRAFÍA

Los materiales aflorantes en la Hoja de Alkutz (90-IV), 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 exclusivamente en el macizo de Quinto Real, estando constituido por materiales sedimentarios devónico-carboníferos ligeramente metamorfizados, afectados por la orogenia hercínica, con una exigua representación de depósitos pérmicos postorogénicos.

El Triásico se dispone a modo de orla del macizo, integrado por sus tres litotipos característicos de las facies germánicas: facies Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper. El resto de los afloramientos mesozoicos se distribuye por el dominio de La Ulzama, con escasa representación del Jurásico, en contraste con la gran extensión que adquieren los depósitos cretácicos, fundamentalmente del Aptiense-Albiense.

Por lo que respecta al Cuaternario, en general posee escasa entidad, adquiriendo cierto desarrollo tan solo los depósitos de ladera ligados a los grandes relieves, así como los depósitos fluviales del sector suroccidental.

Junto a los sedimentos señalados, afloran materiales subvolcánicos encajados en las series paleozoica y mesozoica. Estos últimos, conocidos tradicionalmente como "ofitas", adquieren una notable representación en el ámbito del puerto de Velate.

2.1. PALEOZOICO

Está representado por dos conjuntos netamente diferenciados y muy desigualmente distribuidos. El inferior está integrado por una potente serie sedimentaria de edad devónico-carbonífera, ligeramente metamorfizada y deformada durante la orogenia hercínica. El conjunto superior, de edad pérmica, posee una entidad muy inferior, apareciendo mínimamente representado por sedimentos procedentes del desmantelamiento de los relieves creados durante el período orogénico.

2.1.1. Devónico-Carbonífero

La serie devónico-carbonífera aflorante posee un espesor próximo a los 3.000 m. constituyendo el almacén del macizo de Quinto Real, así como el zócalo de la región. Desde un punto de vista litológico, está integrada por tres grandes conjuntos. El inferior, constituido por un monótono conjunto de esquistos y areniscas, cuyo espesor puede alcanzar 1.500 m; se atribuye al Devónico medio-superior.

El intermedio, de carácter fundamentalmente carbonatado, incluye niveles de arenisca y magnesita, que constituyen el rasgo más característico de la serie paleozoica en la región; la potencia del conjunto se aproxima a 400 m. emarcándose en el Devónico superior-Carbonífero. Por lo que respecta al superior, presenta otra sucesión monótona, en este caso de pizarras y areniscas perteneciente al Carbonífero superior, cuyo espesor alcanza 1.200 m.

Tradicionalmente, el conjunto inferior de esquistos y areniscas junto con parte del conjunto intermedio, han sido incluidos en el denominado grupo Iruita, en tanto que el resto del conjunto carbonatado junto con el tramo superior de pizarras y areniscas, ha sido asignado al Grupo Eugui.

2.1.1.1. Esquistos y margas con intercalación de calizas lenticulares (nivel 26). Fm Argus. Givetiense-Frasniense

Aparecen exclusivamente en el ámbito del arroyo Marín y del barranco Arachuricoerreca constituyendo la base de la serie paleozoica aflorante en la zona. Se trata de una monótona sucesión de esquistos y margas de aspecto flyschoides con intercalación de calizas y calcarenitas nodulosas, conocida como Fm. Esquistos de Argus; aunque no aflora su base, es posible que su espesor supere los 800 m como ocurre en sectores cercanos.

Su depósito se interpreta en un contexto de plataforma. No obstante, la presencia de granoselección positiva, laminación paralela y convolute lamination en los niveles detríticos denuncia una cierta influencia turbidítica.

El hallazgo de *Icriodus obliquimarginates*, *Polygnatus luguifanesis* y *P. pseudofoliatas*, señalan una edad Givetiense para los términos inferiores, en tanto que las asociaciones de *Goniatites* de la parte alta, sugieren su pertenencia al Frasnense.

2.1.1.2. Cuarcitas con intercalaciones de pizarras (nivel 28). Fm. Adarza. Areniscas y pizarras (nivel 30). Fm. Zuregún. Esquistos y areniscas (nivel 31). Fm. Zocoa. Frasnense

Sobre la unidad esquistosa anterior y en aparente concordancia con ella, se dispone un conjunto esencialmente arenoso-pizarroso, cuyo espesor está comprendido entre 800 y 900 m. En función de la proporción entre ambas litologías, se han diferenciado tres unidades, ampliamente representadas al N del puerto de Artesiaga, en relación con el anticlinal del mismo nombre, su espesor disminuye hacia el O del macizo de Quinto Real, tal como puede apreciarse en el sector del arroyo Marín.

La unidad inferior (nivel 28) supone un ligero resalte morfológico sobre la Fm. Argus, estando integrada por una alternancia de cuarcitas y pizarras dispuestas en niveles de orden decimétrico, presentando un espesor máximo próximo a 300 m; ha sido denominada Fm. Cuarcitas de Adarza.

La unidad intermedia (nivel 30) conocida como Fm. Areniscas calcáreas de Zuregún, está integrada por una alternancia de areniscas con cemento calcáreo agrupadas en capas gruesas y pizarras con finos lentejones arenosos, su espesor alcanza 250 m.

Por lo que respecta a la unidad superior (nivel 31), denominada Fm. Esquistos de Zocoa, se trata de una sucesión de esquistos alternantes con areniscas, próximo a 180 m. de espesor. Da lugar a una ligera depresión morfológica entre los niveles infra y suprayacentes, que presentan una mayor proporción de tramos arenosos y cuarcíticos.

Entre las escasas estructuras halladas en las Fms. Adarza, Zuregún y Zocoa, se encuentran ripples, flasers y estratificación cruzada, que tan solo permiten señalar su depósito en un contexto de plataforma siliciclástica.

Las asociaciones de *Goniatites* y *Lamelibranchios*, han permitido la asignación del conjunto al Frasnense (DE BOER y MOHR, 1.963, KULLMANN, 1970).

2.1.1.3. Areniscas y esquistos (nivel 32) Fm. Tropa. Cuarcitas (nivel 33) Fm. Ocoro. Frasnense.

Como en el caso de las unidades anteriores, muestran su principal afloramiento en el ámbito del anticlinal de Artesiaga, proporcionando un ligero resalte morfológico sobre ellas, al N del puerto del mismo nombre. Igualmente su espesor disminuye hacia el O del macizo de Quinto.

Se trata de un conjunto fundamentalmente areniscoso, dispuesto concordantemente sobre la Fm. Zocoa, en el que se intercalan tramos esquistosos cuya diferente proporción ha permitido la individualización cartográfica de dos niveles.

El inferior, denominado Fm Areniscas de Tropa (nivel 32), presenta una serie de secuencias constituidas por un nivel inferior de areniscas y otro superior de esquistos, hacia la parte media de la unidad desaparece la fracción esquistosa, en tanto que hacia la superior son los niveles de areniscas los que poseen una escasa representación. El espesor total oscila entre 150 y 200 m.

En cuanto al superior, conocido como Fm. Cuarcitas de Ocoro, presenta gran similitud con la Fm. Tropa, si bien, el mayor contenido esquistoso de aquella le confiere una mayor resistencia a la erosión; no obstante, alberga el mismo tipo de secuencias, alcanzando 150 m. de potencia.

La naturaleza del conjunto, así como la presencia de estructuras de tipo flasers y ripples, sugieren su depósito en un ambiente de plataforma siliciclástica.

Las asociaciones de Goniatites señaladas por KULLMANN (1.970) han permitido la asignación del conjunto al Frasnense.

2.1.1.4. Esquisto y areniscas (nivel 29). Cuarcitas, areniscas y esquistos. (nivel 34). Frasnense.

La reducción de espesor de las unidades anteriores (Fms. Adarza, Zuregún, Zocoa, Tropa y Ocoro), se hace más acusada en los afloramientos del río Lanz y del barranco Arachuricoerreca, lo que ha provocado que se agrupen en dos niveles de carácter comprensivo.

Predominan las areniscas y esquistos, con tipos cuarcíticos y grauváquicos, y espesores conjuntos que no alcanzan los 150 m. En la parte inferior, se aprecia una mayor proporción de términos esquistosos, lo que ha permitido su diferenciación como nivel 29, equiparables a la Fm. Adarza y parte de la Fm. Zuregún. El resto, con menor contenido esquistoso ha sido diferenciado como nivel 34, siendo equivalente a parte de la Fm. Zuregún, así como de las Fms. Zocoa, Tropa y Ocoro.

En el barranco Arachuricoerreca, sobre el nivel 33, aparece un tramo de esquistos grises, asimilable a la Fm. Artesiaga (nivel 35), en tanto que en el río Lanz ésta parece ausente, estando marcado el techo por un tramo carbonatado correlacionable con la Fm. Picuda (nivel 36).

La correlación de los presentes niveles con los anteriormente descritos permiten interpretar su depósito en un ambiente de plataforma siliciclástica, dentro del Frasnense.

2.1.1.5. Esquistos (nivel 35), Fm. Artesiaga. Frasnense.

Se trata de una unidad muy característica de la región, bien representada en el anticlinal de Artesiaga y con buenos cortes a lo largo del puerto del mismo nombre. Por contra, parece faltar en el sector del río Lanz.

A grandes rasgos, se trata de una monótona serie de esquistos arcillosos con intercalación de niveles areniscosos, más frecuentes hacia la base, cuyo espesor está comprendido entre 150 y 300 m., recibe el nombre de Fm. Esquistos de Artesiaga. A techo presenta una interrupción sedimentaria conocida regionalmente.

Se integra en un contexto de plataforma siliciclástica, probablemente en régimen predominante de offshore y prodelta.

Las asociaciones de Goniatites (DE BOER y MOHR, 1.966; KULLMAN, 1970) han permitido su asimilación al Frasnense.

2.1.1.6. Calizas (nivel 36). Fm. Picuda. Frasnense

Reflejan un importante cambio litológico en la serie paleozoica, ya que suponen la aparición de diversos términos carbonatados tras el claro predominio de los términos detríticos ya descritos. Presentan una amplia distribución, así como un reducido espesor, que tanto solo parece superar los 50 m. en el ámbito del monte Picuda, de donde la unidad ha tomado su denominación como formación.

Se trata de un conjunto de calizas y calizas glandulares recristalizadas y con abundantes crinoideos que tanto lateralmente como hacia techo, pasan a términos esquistoso con lentejones de areniscas. Entre las escasas estructuras sedimentarias predominan las de tipo flasers, habiéndose interpretado su depósito en un ambiente de plataforma carbonatada, lo que implica la sustitución del régimen siliciclástico previo.

Los conodontos hallados por WIRTH (1.967), han sugerido su asimilación al Frasnense superior.

2.1.1.7. Areniscas y esquistos (nivel 37). Fm. Abartán. Frasnense-Tournaisiense

Constituye uno de los conjuntos más característicos y fácilmente identificables de la zona, presentando buenos puntos de observación en el puerto de Artesiaga, siendo conocida como Fm. Areniscas de Abartán. Su potencia se aproxima a 150 m. pudiendo distinguirse tres tramos de espesor equiparable: inferior, con predominio de esquistos micáceos, que incluyen niveles areniscosos; medio, con areniscas de aspecto amigdaloides; y superior, de areniscas masivas que dan lugar a un ligero resalte. En cualquier caso, su principal rasgo distintivo son sus tonos violáceos y rojizos.

Son abundantes las estructuras tractivas producidas esencialmente por el oleaje, definiendo contextos de nearshore, si bien las facies esquistosas recuerdan facies lagunares salobres.

La ausencia de restos fosilíferos determinantes impide asignar una edad precisa a la unidad, tradicionalmente asimilada al Frasnense-Tournaisiense; no obstante, la

desaparición de la Fm. Picuda en el sector oriental, posiblemente por cambio lateral a la Fm. Abartán ha sugerido su inclusión en el intervalo Frasnense superior-Tournaisense.

2.1.1.8. Calizas (nivel 41). Fm. Zuriáin. Viseiense.

Se trata de un conjunto de calizas micríticas, en ocasiones algo dolomíticas, de tonos rosáceos y claros, cuyo espesor no alcanza los 50 m.; denominada Fm. Calizas pastel de Zuriáin; presentan abundantes crinoideos, agrupándose en bancos gruesos de espesor variable.

Al N de la Hoja la unidad está ausente sin que puede determinarse si este hecho se debe a falta de depósito, a paso lateral a la Fm. Ocheverri (nivel 44) ó a la acción de procesos erosivos previos al depósito de ésta, a falta de argumentos determinantes en uno y otro sentido, se ha seguido la segunda posibilidad, a fin de respetar los trabajos existentes.

Su depósito se relaciona con un ambiente de plataforma carbonatada somera de baja energía, posiblemente en un contexto de lagoon.

Las asociaciones de conodontos halladas por WIRTH (1967), han señalado su pertenencia al Viseiense.

2.1.1.9. Esquistos con intercalaciones dolomíticas (nivel 43). Fm. Arga. Namuriense B

Al igual que en el caso de la unidad anterior, no aparece en el sector septentrional, habiéndose interpretado este hecho como un cambio lateral a la Fm. Ocheverri (nivel 44), sin que existan pruebas concluyentes que lo confirmen. La presente unidad está integrada por un conjunto de esquistos arcillosos rojos o verdosos, con esporádicas intercalaciones dolomíticas cuya proporción aumenta hacia techo, conocida como Fm. Esquistos abigarrados de Arga; su espesor está comprendido entre 50 y 60 m.

El ambiente deposicional corresponde a un lagoon fangoso costero, posiblemente salobre, en tránsito a plataformas carbonatadas someras de baja energía.

Las dataciones realizadas por WIRTH (1.967), mediante conodontos señalan su pertenencia al Viseiense; igualmente, las determinaciones de los niveles superiores efectuadas por KULLMANN (1.970), mediante Goniatites indican una edad Namuriense B, para ellos.

2.1.1.10. Calizas y esquistos (nivel 42). Viseiense-Namuriense B

La reducción de espesores que tanto la Fm. Zuriáin como la Fm. Arga muestran hacia el O, ha provocado su representación conjunta en un nivel comprensivo (nivel 42). Así, en el sector del río Lanz y en el del arroyo Arachuricoerreca, el conjunto de ambas unidades aparece como una sucesión de areniscas oscuras con intercalaciones de calizas, cuyo espesor no alcanza los 50 m.

Su depósito se interpreta en un ambiente de plataforma somera, con episodios carbonatados y salobres. Por correlación con los niveles 41 y 43, se ha atribuido al intervalo Viseiense-Namuriense B.

2.1.1.11. Dolomías tableadas (nivel 44) Fm. Ochaverri. Viseiense-Namuriense-B

Constituyen el tramo inferior de una sucesión fundamentalmente dolomítica en la cual se intercalan los niveles de magnesita característicos de la región. Este tramo inferior, conocido como Fm. Dolomías de Ochaverri, se distribuye por el ámbito del macizo de Quinto Real, apoyándose generalmente sobre la Fm. Arga, si bien en el sector septentrional lo hace sobre la Fm. Abartán.

Se trata de dolomías, en ocasiones intensamente recristalizadas bien estratificadas que intercalan en la base, niveles de calcoesquistos, siendo su espesor del orden de 200 m.

Su depósito se atribuye a un ambiente de plataforma carbonatada de baja energía.

El hallazgo de Goniatites del Namuriense B (KULLMANN, 1970), tanto en las unidades infra (Fm. Arga), como suprayacente (Fm. Asturreta), señala su pertenencia al Namuriense B. No obstante, su posible relación lateral con las Fms Zuriáin y Arga sugiere su encuadre en el intervalo Viseiense-Namuriense B.

2.1.1.12. Dolomías (nivel 45). Fm. Asturreta. Dolomías con intercalaciones de magnesita (nivel 46). Namuriense B

Sobre la Fm. Ochaverri se dispone un tramo dolomítico muy semejante conocido como Fm. Dolomías de Asturreta (nivel 45), cuya principal característica es la intercalación de niveles de magnesita, que llegan a ser la litología dominante (nivel 46), lo que ha provocado un gran interés por ella y su intensa explotación en las proximidades de Eugui.

La Fm. Asturreta está integrada por dolomías agrupadas en bancos gruesos, con esporádicas intercalaciones esquistosas, su espesor puede sobrepasar el centenar de metros. Ocasionalmente incluye materia orgánica compuesta.

Las inclusiones de magnesita poseen disposición estratiforme, aumentando su proporción lateralmente hasta constituir la litología dominante; no obstante, este "horizonte de magnesita" (nivel 46), que en zonas próximas alcanza 180 m. intercala de muro a techo; esquisto arcillosos marrones y pardos con cubos de pirita, dolomías alternantes con esquistos, dolomías sacaroideas, nódulos de sílex, intercalaciones de dolomías y pizarras, y dolomías alternantes con esquistos negros.

La magnesita está constituida por grandes cristales, de 1 a 10 cm. de largo, crecientes perpendicularmente a la estratificación, describiendo una estructura en empalizada. Los cristales aparecen zonados, con un núcleo oscuro rico en materia orgánica y una envoltura de colores claros de espesor variable.

El depósito de la Fm. Asturreta se interpreta en un contexto de plataforma somera de baja energía, rica en materia orgánica y con desarrollo eventual de fondos anóxicos, presentando afinidad con facies de lagoon costero carbonatado. En cuanto a la magnesita, su origen es muy controvertido con autores que proponen un origen sedimentario o diagenético, si bien, los últimos modelos genéticos proponen un origen diagenético sobre sedimentos propios de una plataforma subsidente.

Los Goniatites hallados en los niveles esquistosos por GÓMEZ DE LLARENA (1950), han permitido incluir estos materiales en el Namuriense B.

2.1.1.13. Dolomías, esquistos y calizas (nivel 47). Fm. Baserdi. Namuriense B

El conjunto esencialmente carbonatado del Carbonífero superior culmina mediante un tramo de mayor variabilidad litológica, denominado Fm. Dolomías y esquistos de Baserdi. Se trata de una sucesión alternativa de dolomías y esquistos, en la que se intercalan tramos de predominio esquistoso y, a techo, calizas en bancos gruesos. El espesor alcanza 120 m.

Los esquistos contienen finas laminaciones y ripples, igualmente los carbonatos incluyen estructuras tractivas, posiblemente producidas por tormentas y oleaje. Su depósito se relaciona con ambientes de plataforma carbonatada, en condiciones algo más profundas que en el caso de la Fm. Asturreta.

Los trabajos de WIRTH (1.967), relativos a Conodontos han permitido asignar la unidad al Namuriense B.

2.1.1.14. Dolomías (nivel 48). Namuriense B

La reducción de espesor que afecta a parte de la serie paleozoica hacia el borde occidental del macizo de Quinto Real, ha aconsejado la asimilación del conjunto carbonatado del Carbonífero superior en un solo tramo. Así, en el ámbito del río Lanz y del arroyo Arachuricoerreca, las Fms. Ochaverri, Asturreta y Baserdi, se han agrupado en un tramo comprensivo cuyo espesor se aproxima al centenar de metros.

Su depósito se interpreta dentro de un ambiente de plataforma carbonatada somera. En cuanto a su edad, de acuerdo con la propuesta para las formaciones señaladas, se ha enmarcado en el Namuriense B.

2.1.1.15. Alternancia de esquistos y grauvacas (nivel 49) Fm. Olazar. Namuriense B-Westfaliense

Es la unidad paleozoica con mayor superficie de afloramiento, pudiendo realizarse buenas observaciones sobre ella a lo largo del barranco Olazar, del que recibe su denominación como formación. Supone un importante cambio litológico y sedimentario con respecto al conjunto carbonatado Namuriense.

Se trata de una monótona alternancia rítmica entre esquistos y grauvacas en facies Culm, cuya potencia puede llegar a los 1.000 m.

En cualquier caso, los niveles superiores han sido erosionados con posterioridad a la deformación hercínica, estando marcado su techo por una discordancia de envergadura peninsular, sobre ellas se disponen los depósitos triásicos en facies Buntsandstein y, localmente, materiales pérmicos.

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.

El hallazgo de Goniatites y Lamelibránquios han permitido la asignación de la base de la unidad al Namuriense B (KULLMANN, 1.970); igualmente, la flora presente hacia techo ha señalado su pertenencia al Westfaliense.

2.1.1.16. Análisis secuencial del Devónico-Carbonífero

La serie devónico-carbonífera aflorante en la Hoja de Alkutz abarca, al menos de forma parcial, cuatro secuencias sedimentarias.

La secuencia inferior, representada por la Fm. Argus (nivel 26) corresponde a facies de plataforma en una tendencia transgresiva, con episodios de apariencia turbidítica.

La secuencia Givetiense-Frasniense anterior aparece interrumpida por la implantación de una plataforma siliciclástica representada por los términos detríticos del Grupo Irurita, desarrollada durante el Frasnense.

La tercera secuencia marcada por un nuevo cambio en la naturaleza de la plataforma acontece aún en el Frasnense, adquiriendo carácter carbonatado, como refleja el depósito de la Fm. Picuda (nivel 36), si bien esta secuencia parece ser efímera, siendo sustituida de forma gradual, pero rápida por un nuevo régimen siliciclástico, con facies de nearshore, con episodios lagunares salobres, propios de la Fm. Abartán (nivel 37) desarrollados durante el intervalo Frasnense-Tournaisiense.

Una discordancia de envergadura regional ha sido señalada en las proximidades del límite Devónico-Carbonífero por diversos autores en la cadena pirenaica. No obstante, tal discordancia no resulta evidente en la Hoja, pudiendo corresponder a la base de la Fm Zuriáin (nivel 41), equiparable a la “Caliza griotte” de los autores franceses, bajo la cual se sitúa dicha discordancia. En cualquier caso, con la Fm. Zuriáin se inicia la cuarta secuencia, que durante el intervalo Visiense-Namuriense B supone la instalación de una plataforma carbonatada somera, con predominio de los ambientes de lagoon costero. Tan solo a techo de este intervalo esencialmente carbonatado, la Fm. Baserdi (nivel 47) representa facies menos someras, de tendencia somerizante.

La quinta y última secuencia marca un importante cambio paleogeográfico, con instalación de aparatos turbidíticos en cuyos episodios iniciales se refleja el desmantelamiento de las plataformas carbonatadas namurienses. El final de esta secuencia, representada por la Fm Olazar (nivel 49), está marcado por una importante discordancia, reflejo de la orogenia hercínica en la región.

2.1.2. Pérmico

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

2.1.2.1. Arcillas, limos y conglomerados (nivel 71). Pérmico

Se encuentra escasa y deficientemente representado en las inmediaciones del convento de Velate, si bien presenta cortes de cierta calidad en la vecina Hoja de Sumbilla (90-I), En ellos, a grandes rasgos predominan los materiales detríticos de tonos rojos entre los que se intercalan basaltos espelíticos, ausentes en el afloramiento de Velate.

Se trata del registro posthercínico más antiguo, disponiéndose discordantemente sobre el sustrato Paleozoico (nivel 26). Se trata de un conjunto arcilloso-limolítico en el que se intercalan niveles de conglomerados y brechas polimícticas. Su techo coincide con una nueva discordancia sobre la que se disponen los conglomerados basales de la serie triásica (nivel 102).

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 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.

2.1.2.2. Análisis secuencial del Pérmico

La orogenia hercínica supuso una elevación regional con la consiguiente retirada marina. Con la reestructuración tardihercínica se crearon diversas fosas cuyo relleno se efectuaría mediante aparatos aluviales, registrándose en la zona facies proximales y una clara tendencia granodecreciente. El final de la secuencia pérmica estuvo condicionada por una nueva reestructuración de la región con la que se inició la sedimentación triásica.

2.2. MESOZOICO

Está representado por tres conjuntos claramente diferenciados, correspondientes al Triásico, Jurásico y Cretácico.

El Triásico está ampliamente representado por los tres litotipos característicos de las facies germánicas: el tramo inferior de naturaleza detrítica y tonos rojos característicos (facies Buntsandstein); el tramo intermedio, fundamentalmente carbonatado (facies Muschelkalk); y el tramo superior, arcilloso-evaporítico (facies Keuper).

Por otra parte, el Jurásico está integrado por un conjunto esencialmente carbonatado, escaseando sus afloramientos. En relación con los términos triásicos superiores y jurásicos inferiores, abundan las masas de rocas subvolcánicas conocidas tradicionalmente como ofitas.

En cuanto al Cretácico, se presenta en amplios afloramientos, apreciándose un predominio de las litologías margoso-arcillosas sobre las calcáreas, situándose en el intervalo Aptiense-Cenomaniense.

2.2.1. Triásico

Sus principales afloramientos se disponen a modo de orla de los materiales paleozoicos del macizo de Quinto Real.

La facies Buntsandstein está integrada por un potente conjunto detrítico rojo de afinidad continental, en el que las areniscas son la litología fundamental (nivel 103), apreciándose una disminución granulométrica en la vertical, observándose un claro predominio de los términos conglomeráticos en la base (nivel 102) y de los arcillosos a techo (nivel 104).

En cuanto a la facies Muschelkalk, depositada en ambientes marinos bajo su típico aspecto carbonatado tableado (nivel 107), presenta la peculiaridad de incluir tramos arcillosos abigarrados (nivel 108).

Por lo que respecta a la facies Keuper, se encuentra escasamente representada por materiales arcillo-evaporíticos abigarrados (nivel 109).

2.2.1.1. Conglomerados y areniscas (nivel 102). Areniscas rojas (nivel 103). Arcillas y areniscas (nivel 104). Facies Buntsandstein. Triásico inferior.

Sus afloramientos se restringen al ámbito del macizo Quinto Real, pudiendo describirse sus afloramientos en el sector del puerto de Velate. 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 muy cementado (nivel 102), de cantos subredondeados de cuarzo y cuarcita, con soporte clástico en matriz arenosa de grano grueso y cemento de naturaleza silíceo; 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, se integran en un contexto de 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 450 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 frecuentemente alterada a limonita. 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.

En la mitad superior se aprecia la progresiva incorporación de tramos limolíticos rojos, que dan lugar a una alternancia de areniscas y limolitas. Las areniscas de grano medio a fino y cemento silíceo y carbonatado, se disponen en bancos de aspecto canalizado cuyo espesor no suele superar 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".

Culminando la unidad se aprecia la presencia de un tramo arcilloso de colores abigarrados (nivel 104), que puede alcanzar 40 m. de espesor. Generalmente aparece en afloramientos de mala calidad, pudiendo confundirse puntualmente con niveles arcilloso triásicos correspondientes a las facies Muschelkalk y Keuper, no obstante, aparece en excelentes condiciones para su observación en las inmediaciones del puerto de Velate.

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, drappes y posibles wave-ripples, si bien predominan los procesos puramente fluviales; por contra, hacia el techo se intercalan niveles calcáreos muy delgados que sugieren el tránsito a la facies Muschelkalk.

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 las areniscas han señalado ciertas variaciones composicionales y texturales, pero en general valores comprendidos entre 50 y 75% de cuarzo, e inferiores al 10% de fragmentos de rocas metamórficas y plagioclasas; 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. Calizas y dolomías (nivel 107). Arcillas abigarradas (nivel 108). Facies Muschelkalk. Triásico medio.

Afloran fundamentalmente en el sector centro septentrional, presentando buenos cortes en la vertiente septentrional del puerto de Velate. A grandes rasgos, se trata de una sucesión de calizas y dolomías tableadas (nivel 107), cuyo espesor máximo se aproxima a 70 m., pudiendo apreciarse tres tipos de asociaciones litológicas principales: dolomías y calizas en bancos gruesos, características del tramo inferior; calizas laminadas, predominantes en el tramo intermedio; y calizas y margas dolomíticas, típicas del tramo superior.

Como rasgo característico de la facies Muschelkalk en la zona, destaca la intercalación de niveles arcillosos versicolores de orden métrico a decamétrico que, cuando su entidad lo ha permitido, han sido diferenciados en la cartografía (nivel 108). Su similitud con la facies Keuper ha ocasionado que en trabajos previos dichas intercalaciones se hayan asimilado a ésta; no obstante, la observación del corte del puerto de Velate no parece ofrecer dudas con respecto a su carácter estratificado, sin que sea preciso invocar a intensas deformaciones locales para justificar su presencia.

Los niveles carbonatados aparecen al microscopio como micritas, micritas biogénicas, dolomías y calizas recristalizadas. Los tipos calizos se presentan como micritas (>90%), con presencia ocasional de fósiles (<7%) y cuarzo (1%); en cuanto a los tipos dolomíticos, aparecen como dolimicritas (80-85%) con cemento esparítico (15-20%).

Ante la escasez de estructuras sedimentarias, las asociaciones litológicas sugieren el depósito de la unidad en un contexto de plataforma somera, si bien los niveles arcillosos señalan diversas pulsaciones eustáticas, con implantación eventual de ambientes litorales.

El hallazgo de *Fronicularia woodwardis* confirma la pertenencia de la unidad a la facies Muschelkalk, asignándose tentativamente al Triásico medio.

2.2.1.3. Arcillas yesíferas (nivel 109). Facies Keuper. Triásico superior

Sus manifestaciones se restringen a un pequeño grupo de afloramientos de reducidas dimensiones, distribuidas casi exclusivamente por el cuadrante noroccidental. Su deficiente calidad, debido fundamentalmente a su naturaleza litológica, con predominio de arcillas rojas y arcillas abigarradas con yesos, dificulta notablemente su reconocimiento en el campo e imposibilita la determinación de su espesor aproximado.

Su límite inferior es gradual, estando marcado por la desaparición de los niveles calizo-dolomíticos de la facies Muchelkalk (nivel 107). En cuanto a su techo de carácter concordante, coincide con la aparición de los niveles calcáreos que constituyen la base de la serie jurásica (nivel 113). Con frecuencia, los procesos erosivos intracretácicos han eliminado la totalidad de ésta, de manera que diversas unidades cretácicas llegan a apoyarse discordantemente sobre la facies Keuper.

No es posible establecer previsiones sedimentológicas sobre la presente unidad, que regionalmente se ha enmarcado en un contexto litoral de tipo sebkha, en condiciones de aridez que permitirían la formación de evaporitas.

Su carácter azoico no permite precisión cronológica alguna, si bien de forma tentativa se ha atribuido al Triásico superior, excluyendo los últimos episodios de éste, representados en la región por niveles carbonatados tratados conjuntamente con la serie jurásica.

2.2.1.4. Análisis secuencial del Triásico

Pese a las imprecisiones relativas a la interpretación sedimentológica de la facies Keuper, ya aludida, es posible señalar, a grandes rasgos, la existencia de tres ciclos sedimentarios principales dentro de la serie triásica.

El inicio del Ciclo Inferior, a comienzos del Triásico, se caracteriza por el desarrollo de orlas proximales y medias de abanicos aluviales correspondientes a la facies Buntsandstein (nivel 102), 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 meandriiformes, con episodios de desbordamiento (nivel 103).

Los últimos episodios de las facies Buntsandstein reflejan cierta influencia mareal (nivel 104), precursora de la instalación de los ambientes de plataforma interna característicos de la sedimentación de la facies Muschelkalk (nivel 107). A lo largo del depósito de ésta, posiblemente durante el Triásico medio, se produjeron diversas oscilaciones eustáticas que favorecieron la implantación de condiciones mareales (nivel 108). En cualquier caso, los últimos episodios de este período reflejan la progresiva desaparición de las facies típicamente marinas a expensas de las facies litorales de tipo sebkha, totalmente implantadas en el Triásico superior, bajo las cuales se produjo el depósito de la facies Keuper (nivel 109), dentro del segundo ciclo.

En un momento impreciso del Triásico superior, la tendencia regresiva sufrió una inversión, dando paso al tercer ciclo, culminado a finales del Triásico superior con la implantación de un nuevo régimen marino, característico de la sedimentación jurásica de la región.

2.2.2. Jurásico

Posee una reducida superficie de afloramiento, distribuida exclusivamente por el sector noroccidental, presentando las características estratigráficas típicas en la

región, si bien se muestra incompleta, apareciendo exclusivamente un conjunto dolomítico-calcáreo inferior y otro margoso-calcáreo, asignados ambos al Lías.

2.2.2.1. Dolomías, calizas y brechas calcáreas (nivel 113). Triásico superior-Sinemuriense

Corresponden a él la mayor parte de las manifestaciones jurásicas, que se reducen a una pequeña serie de afloramientos, de entre los que se puede destacar el situado al S de Almandoz, en el que puede observarse un corte de cierta calidad en las proximidades del paraje Tabertera. La unidad comienza mediante un tramo de dolomías brechoides grisáceas que se dispone tanto sobre las arcillas yesíferas de las facies Keuper (nivel 109), como sobre las masas ofíticas (nivel 1), con un espesor cercano a 60 m. Sobre este tramo brechoide aparece un tramo de calizas y dolomías tableadas en bancos cercanos a 0,5 m., que se adelgazan hacia el techo, con un espesor cercano al centenar de metros. La unidad aparece como un resalte morfológico entre los términos inferiores y los niveles arcillo-margosos suprayacentes.

Regionalmente, la unidad se interpreta en un contexto transgresivo dentro de la plataforma carbonatada, en principio bajo condiciones restringidas y salobres, con formación posterior de brechas de colapso, que evolucionarían a ambientes abiertos someros. No obstante, en la zona en cuestión, los niveles brechoides han sido interpretados en relación con la actuación de la falla de Leiza durante el tránsito Triásico-Jurásico.

Tradicionalmente, la unidad ha sido datada en función de su posición estratigráfica. Por una parte, el límite superior de la facies Keuper se sitúa en el Noriense superior, en tanto que el nivel margoso suprayacente (nivel 114), presenta macrofauna características del techo del Sinemuriense inferior (*Oxyntoceras oxynotem*); por ello, el presente tramo conocido informalmente como "Lías calcáreo", ha sido asignado al Noriense superior-Sinemuriense inferior.

2.2.2.2. .Margas y calizas (nivel 114). Sinemuriense-Aalenense

Se trata de un tramo característico en la región, denominado con frecuencia "Lías margoso" (LLAMARE, 1.936). Posee exclusivamente tres afloramientos de reducidas

dimensiones, de los que el más accesible se localiza al S de Almandoz apareciendo como un tramo blando con respecto al “Lías calcáreo” infrayacente.

Aparece como una alternancia rítmicas entre margas y calizas, dispuestas en niveles de orden decimétrico a métrico, con un espesor que puede alcanzar 50 m. si bien en zonas próximas, donde la unidad aparece completa al no haber sido afectada por procesos erosivos, puede alcanzar 150 m.

La fragmentación de la plataforma carbonatada somera establecida a comienzos del Jurásico, dio lugar a una diversificación ambiental, de tal forma que en la zona la sedimentación se llevó a cabo en un contexto de plataforma externa de cierta profundidad.

El abundante contenido fosilífero de la unidad, especialmente en base a ammonites, belemnites y microfauna ha permitido su datación en el intervalo Sinemuriense-Aalenense.

2.2.2.3. Análisis secuencial del Jurásico

El comienzo de la sedimentación jurásica supone la continuidad de la tendencia transgresiva iniciada durante el depósito de la facies Keuper. No obstante, aunque poco pueda decirse al respecto en la zona, parece posible la existencia de una discontinuidad con la que se relacionarían los niveles brechoides de la base de la serie. En cualquier caso, el depósito de los niveles tableados del Lías inferior se llevó a cabo en una extensa llanura mareal de salinidad normal, con desarrollo de facies submareales.

La estabilidad de la plataforma se perdió en el Sinemuriense, durante el cual un proceso de fragmentación dio lugar a su compartimentación, dentro de un régimen extensivo, posiblemente relacionado con el ascenso de magmas basáltico-andesíticos. La tendencia transgresiva anterior prosiguió durante el Lías medio-superior mediante la sedimentación de materiales esencialmente margosos, en un ambiente de plataforma extensa pelágica, con desarrollo de fondos anóxicos.

Poco puede decirse de lo acontecido a lo largo del resto del Jurásico en la hoja debido a la falta de registro sedimentario, si bien se constata regionalmente que son los

movimientos acaecidos durante el tránsito Jurásico-Cretácico los responsables de una importante transformación paleogeográfica con creación de zonas de surco y umbral, condicionantes de la posterior sedimentación cretácica.

2.2.3. Cretácico

Corresponden al Cretácico la mayor parte de los afloramientos de la mitad occidental de la hoja, si bien son escasos los cortes de interés relativos a ellos y que, en cualquier caso, presentan aspectos muy parciales.

Pueden agruparse en dos grandes conjuntos separados por una discordancia de envergadura regional, relacionada con los movimientos Austriacos. El inferior, de edad Aptiense-Albiense inferior, se caracteriza por una serie margosa en la que se intercalan potentes niveles calcáreos de naturaleza bioconstruida. El superior, atribuido al Albiense-Turonense, incluye una potente serie arcillo-margosa con esporádicas intercalaciones detríticas; a techo y con una mínima representación, la serie pasa a adquirir el típico carácter flyschoides del Cretácico superior de la serie surpirenaica.

2.2.3.1. Calizas con construcciones de Rudistas (nivel 133). Margas (nivel 134) Aptiense-Albiense inferior

Equivalen a la Fm. Arrarás (GARCÍA MONDEJAR, 1.982), aflorando fundamentalmente en relación con estructuras anticlinales como un conjunto heterogéneo en el que, entre un conjunto esencialmente margoso (nivel 134), resaltan masas calcáreas irregulares de origen bioconstruido (nivel 133).

El conjunto margoso aparece como una monótona serie de color negro y afloramiento deficiente; su espesor, muy variable, puede alcanzar 400 m. sin que se haya constatado corte alguno que permita describir la unidad con cierta precisión. Intercaladas en la unidad anterior aparecen masas calcáreas de dimensiones y distribución vertical variable, fácilmente identificables en el terreno en virtud del resalte morfológico que producen en el terreno, correlacionables con el tradicional complejo Urgoniano.

Los tramos margosos poseen esporádicas intercalaciones de calizas margosas nodulosas y un rico contenido en Orbitolinas. En cuanto a los niveles calcáreos presentan un claro aspecto arrecifal, con predominio de boundstones de Rudistas y Orbitolinas.

En sectores próximos se han reconocido facies de barras litorales organizadas en secuencias granodecrecientes de grainstones y rudstones con gravas de cuarzo, así como niveles de retrabajamiento de montículos de Rudistas. Igualmente, en los niveles margosos se han observado intercalaciones canalizadas de calcarenitas con estratificación bimodal y wave ripples. La sedimentación del conjunto se interpreta en un contexto de plataforma somera, en condiciones idóneas para la construcción de arrecifes, que darán lugar a zonas protegidas en las que se depositarían las margas, afectadas por corrientes mareales.

La presencia entre la abundante fauna descrita en la región, de Palorbitulina lenticularis (BLUMM), y Orbitolina texana texana (ROKHER), ha permitido la asignación del conjunto al intervalo Aptiense-Albiense inferior.

Los estudios petrográficos han señalado para las calizas el predominio de biomicritas y biomicritas pelletíferas, con variaciones notables del contenido micrítico (47-80%), fosilífero (12-35%) y petrolífero (<20%) y presencia ocasional de cuarzo (<6%) e intraclastos (<7%).

2.2.3.2. Arcillas, areniscas y pizarras (nivel 140). Calizas (nivel 145). Conglomerados calcáreos (nivel 143). Albiense-Cenomuriense inferior

Se trata de un conjunto con importante superficie de afloramiento, generalmente a favor de estructuras sinclinales. Su base coincide con una discordancia que, si bien puede no ser 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 cretácicas, jurásicas e incluso triásicas.

Dentro de este conjunto se observa un claro predominio de un monótono conjunto arcilloso-margoso de tonos negros en el que se intercalan niveles centimétricos de

areniscas, con un importante contenido micáceo que le confiere aspecto pizarroso (nivel 140), con un espesor que puede alcanzar 2.000 m.

La base de esta unidad, asimilable a la Fm. Alto de Huici (GARCÍA MONDÉJAR, 1.982), resulta extremadamente difícil de delimitar cuando se sitúa sobre materiales margosos aptienses (nivel 134), de gran similitud, razón por la que los contactos entre ambas deben tomarse con cierta cautela. En cuanto a su techo, viene señalado por la intercalación de niveles calcareníticos y calcáreos de orden decimétrico correspondientes al "flysch surpirenático" (nivel 140).

Hacia el SE se aprecia la sustitución de los materiales arcillosos, por términos detríticos, observables en las proximidades de Arraiz-Orques, Ventas de Arraiz y Lanz. Estos correlacionables con la Fm. Oyarzum (nivel 143). Predominan los conglomerados y areniscas de grano grueso, de composición silíceo y tonos claros, entre los que se observan algunos restos carbonosos. Por encima y en las zonas más alejadas de los relieves, la unidad aparece como un conjunto arenoso cuarzo-feldespático de grano medio a fino y matriz arcilloso-micácea; con frecuencia aparecen muy alteradas con pátinas ferruginosas.

En las proximidades del paraje de Labreaga se ha individualizado un tramo calcáreo (nivel 145) de gran semejanza con los del conjunto urgoniano Aptiense (nivel 133). Esta similitud, unida a la aludida dificultad de individualización entre los términos arcillosos y margosos aptienses y albienses, debe hacer tomar con ciertas reservas la pertenencia de este nivel calcáreo al conjunto Albiense-Cenomaniense inferior.

La ausencia de cortes representativos del conjunto hace que la interpretación de éste se realice en base a observaciones puntuales. Así, el carácter euxínico, con inclusiones de pirita y nódulos ferruginosos, y su marcada uniformidad, así como su elevada potencia, sugieren que su depósito tuvo lugar en una cuenca marina muy subsidente, abierta hacia sectores occidentales. Por su parte, los niveles detríticos reflejan la influencia de los relieves emergidos del macizo de Quinto Real, habiéndose interpretado las areniscas de sectores cercanos (Hoja de Erro, 116-I), como canales fluviomareales en régimen supra e intermareal.

Entre los restos faunísticos que alberga la unidad se han citado Ammonites piritosos, Lamelibránquios y Gasterópodos, además de una rica microfauna que ha

proporcionado una edad Albiense para la unidad: *Ammobacrelites parvispira*, *Thalmonia ticismensis*, *Rotalipora apernina*, *Dorothia gradatta*, *Epistomina spinulifera*, *Cytherella ovata*, *Dentalina nana*, *Gravelinella intermedia*, *Textulara* of. *adkinsi* y *Arenobulimina macfadyeni*. Igualmente, la presencia *Neoiraquia convexa* en los niveles superiores señala su pertenencia a la base del Cenomaniense, por lo que el conjunto se ha incluido en el Albiense-Cenomaniense inferior.

En lámina delgada las areniscas presentan un predominio de cuarzo (60-70%), sobre fragmentos de rocas metamórficas (5-10%), con matriz arcillosa (5-10%) y cemento ferruginoso (15-20%).

2.2.3.3. Alternancia de margas, areniscas y calizas (nivel 166). Cenomaniense-Turoniense

Se trata de una unidad característica del ámbito septentrional navarro, integrado en el tradicional "flysch surpirenaico" (LAMARE, 1.936) del Cretácico superior, equiparable a parte de la Fm. Larrainzai (AMIOT 1.982). En el ámbito de la Hoja posee una mínima representación, aflorando exclusivamente al O de Alcoz. En el terreno aparece como un resalte morfológico con respecto al conjunto arcilloso Albiense (nivel 145).

El tránsito entre ambas unidades se produce de una manera gradual, por la progresiva aparición de niveles areniscosos y calcáreos, acompañada de la desaparición de los tonos negruzcos característicos de la inferior; en cuanto al superior, no aparece en la hoja al haber sido erosionado junto con buena parte de la unidad, que presenta buenas condiciones de observación algo más al S., en el sector del sinclinal de Bemuzá.

A grandes rasgos, se trata de una monótona alternancia de margas, areniscas calcáreas y calizas, cuya proporción relativa puede variar según las zonas. Su espesor puede sobrepasar 400 m., pero en el afloramiento de Alcoz no parece alcanzar el centenar de metros. La unidad se presenta bajo el aspecto de una alternancia rítmica de margas azuladas o grisáceas, con areniscas calcáreas, calcarenitas y calizas, de tonos ocre y beige. Se han observado cicatrices erosivas, convolute-lamination, ripple marks y huellas de carga, con esporádicos lags microconglomeráticos y

eventuales slumps, que confirman su apariencia turbidítica, interpretándose su depósito en el contexto de un surco abierto hacia el ONO.

Al microscopio, los tramos compactos presentan un alto contenido fosilífero (15-30%) e intraclástico (20-35%), con cemento esparítico (35-45%) y ocasional presencia de pellets (<5%), cuarzo (<10%) y micrita (<20%). Los niveles calizos aparecen como micritas (55-75%) fosilíferas (15-20%), con cuarzo (<10%) y fragmentos de roca (<15%).

La unidad ha sido objeto de detallados estudios paleontológicos, especialmente basados en asociaciones de microforaminíferos (VILLALOBOS y RAMIREZ DEL POZO, 1.974), que ha permitido enmarcarla en el Cenomaniense-Santonense. No obstante, su parcial representación en la hoja ha aconsejado su inclusión en el Cenomaniense-Turonense, por correlación con sectores próximos.

2.2.3.4. Análisis secuencial del Cretácico

Los materiales cretácicos aflorantes en la hoja de Alkotz pueden ser agrupados en dos secuencias sedimentarias, Aptiense-Albiense y Albiense-Turonense, separadas por una discontinuidad de envergadura peninsular.

La sedimentación de la secuencia inferior se inició con un marcado carácter transgresivo sobre una región configurada por los movimientos neokimméricos del tránsito Jurásico-Cretácico, como una extensa plataforma somera, con esporádicos aportes detríticos que al disminuir su intensidad permitiera la construcción de los arrecifes urgonianos.

Los movimientos austríacos provocaron una profunda transformación regional, con emersión de los macizos paleozoicos en una posición similar a la actual y una compartimentación de la cuenca por creación de diversos umbrales y surcos. En este contexto, la sedimentación se reanudó en una cuenca muy subsidente con un marcado carácter euxínico, si bien en las proximidades del macizo de Quinto Real se dejaron sentir descargas terrígenas de carácter mareal.

Esta secuencia superior evolucionó de forma transgresiva, con implantación de un surco turbidítico de directriz ESE-ONO, con relieves emergidos al N. y una plataforma

abierta hacia el SO. La sedimentación del surco se caracterizaría por el desarrollo de facies turbidíticas de basin plain con términos pelíticos de carácter anóxico y capas más gruesas ricas en areniscas. Aunque poco puede decirse de la evolución temporal de esta secuencia superior, en zonas próximas se ha constatado su falta de uniformidad, tanto en espesores como en subambientes, hasta el Coniaciense, registrándose una homogeneidad a partir del Santoniense.

2.3. CUATERNARIO

Los depósitos cuaternarios presentan poca variedad, restringiéndose a una serie de deslizamientos, coluviones, conos de deyección y fondos de valle, en general de pequeña entidad, pudiendo destacarse por su representación superficial los coluviones del monte Gaitzaga y Garmendi, así como los fondos de valle del sector suroriental, localizado entre Alcoz y Arraiz-Orquiez. En todos los casos se han atribuido al Holoceno.

2.3.1. Holoceno

2.3.1.1. Acumulación de bloques, arcillas y arenas (nivel 545). Deslizamientos. Holoceno

Son formas asociadas a altas pendientes y a la presencia de litologías blandas o alternantes, siendo más abundantes al SE del puerto de Velate, zona en la que convergen ambos factores. En casi todos los casos son observables tanto la cicatriz de despegue como la masa deslizada, apreciándose algunos de tipo rotacional y otros de carácter mixto en los que existe una componente solifluidal.

Estos deslizamientos dan lugar a acumulaciones caóticas de bloques y cantos aplastados en una masa arcillosa, en ocasiones empapada en agua, especialmente en los más recientes. Su potencia es variable y está relacionada con sus dimensiones superficiales y la profundidad del plano de deslizamiento. Se les atribuye una edad holocena, pudiendo ser funcionales en la actualidad.

2.3.1.2. Bloques y arcillas (nivel 548) Canchales. Holoceno

Estos depósitos poseen una superficie de afloramiento mínima, relacionada con un relieve accidentado y escarpes de naturaleza calcárea, como ocurre en la vertiente meridional del monte Garmendi. Son depósitos de escasa matriz, constituidos por una acumulación de bloques y cantos angulosos procedentes de los escarpes y que por tanto, poseen un escaso transporte.

El tamaño de los bloques puede superar 1 metro de diámetro, en tanto que el espesor está comprendido entre 0,5 y 3 metros. Son depósitos muy recientes, asimilables al Holoceno.

2.3.1.3. Arcillas y areniscas con cantos y bloques (nivel 543). Coluviones. Holoceno.

Suelen aparecer a pie de laderas, aunque también pueden aparecer en zonas más elevadas. Se generan por la acción conjunta del agua y la gravedad, siendo relativamente frecuentes, especialmente en el sector central, en las proximidades del puerto de Velate.

Poseen naturaleza arcillosa, englobando numerosos cantos de carácter anguloso cuya litología es función directa del área madre, predominando los de calizas y areniscas. Su potencia es muy variable, desde unos pocos centímetros hasta varios metros. Por su disposición en relación al relieve actual se asignan al Holoceno.

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

Se encuentran escasamente representados a la salida de algunos barrancos hacia zonas más abiertas, en el ámbito del puerto de Velate, concretamente en las proximidades de la antigua fábrica de caolín. Poseen una característica forma de abanico y aunque suelen aparecer de forma aislada, pueden interdentarse con los depósitos fondos de valle.

Muestran una textura granular y heterométrica, así como un grado de consolidación bajo. Al igual que en el caso de otros depósitos cuaternarios, su litología es función directa del área madre, observándose cantos de ofitas, carbonatos y areniscas,

empastados en una matriz arcillo-arenosa, apreciándose importantes variaciones en sus proporciones a lo largo del cono. La potencia varía según sus dimensiones superficiales y también en sentido longitudinal dentro de un mismo cono, con los valores medios de 6-7 m en las zonas apicales y de algunos centímetros en las más distales. Por su relación con la red fluvial actual se atribuyen al Holoceno.

2.3.1.5. Cantos, gravas, arenas y arcillas (nivel 527) Aluvial. Holoceno

Se trata fundamentalmente de un conjunto de cantos y gravas en una matriz de carácter areno-arcilloso. Lógicamente poseen formas alargadas adaptadas a las de los valles, excepto en el sector suroccidental, donde se produce la convergencia de varios cursos fluviales, concretamente en las proximidades de Alcoz.

En general, predominan los cantos de composición calcárea en el sector occidental, en tanto que en el oriental predominan los de naturaleza cuarcítica, pizarrosa y areniscosa. La matriz posee cierto contenido en carbonatos que a veces se acumulan alrededor de los cantos formando una especie de envuelta llamada camisa. El tamaño de los cantos está comprendido entre 5 y 8 cm, en tanto que el máximo observado es de 35 cm, si bien la abundancia de bloques en algunas zonas sugiere que pueden existir tamaños superiores, debido a la alta tasa de erosiva de los cursos por las notables diferencias altimétricas y la elevada pluviometría. Además, la presencia de una estación fría favorece la alteración mecánica y la puesta en movimiento de los fragmentos rocosos. Aunque su espesor no es visible en la mayoría de los casos, no parece superar 5 m. Por representar la última etapa de sedimentación fluvial se atribuye al Holoceno.

3. TECTÓNICA

3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Esta Hoja se encuentra entre el dominio definido por la Cuenca Vasco-Cantábrica o Cuenca Vasca, y el dominio Surpirenaico. Esta cadena alpina se extiende desde el Golfo de Vizcaya hasta el Mediterráneo, 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. Ha sido clasificada y subdividida en numerosas ocasiones, siendo una de las más utilizadas la realizada por MATTAUER y SEGURET (1.971), basada en criterios estructurales y estratigráficos. En ella se diferencia la zona Axial, constituida fundamentalmente por materiales paleozoicos dispuestos a modo de eje de simetría de la cadena, dos zonas mesoterciarias despegadas, denominadas Nor y Supirenaica y dos antepaises terciarios plegados.

La cobertera mesozoico-terciaria ubicada al O de la terminación Occidental de la zona Axial es conocida tradicionalmente como Cuenca Vasco-Cantábrica, dividida en tres zonas: Bloque Alavés, Bloque Santanderino y Arco Vasco. El límite entre la Cuenca Vasco-Cantábrica de características semejantes a la zona Norpirenaica, y las Zonas Surpirenaica y Axial, viene determinado por la falla de Pamplona, coincidente con la alineación de diapiros navarros, de dirección NE-SO.

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 triásico, 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.

A grandes rasgos, la zona de estudio comprende parte del Dominio denominado como Manto de los Mármoles, en el sector occidental, parte de La Ulzama en el sector meridional y el macizo de Quinto Real en el sector oriental de la Hoja.

Los estudios de esta zona comenzaron en los años treinta con la fuerte controversia ejercida entre LAMARE (1.931, 1.932, 1.944 Y 1.954) y LOTZE (1.931, 1.932 y 1.946) discutiendo el origen de las vergencias contrarias, al norte y al sur y las estructuras derivadas de ellas. Posteriormente, CHOUKROUNE (1.976) distingue en Huici la fase principal con esquistosidad N-110 subvertical y de edad post-Luteciense, una fase tardía con pliegues NE-SO verticalizados y una esquistosidad tardía subhorizontal de crenulación.

HEUSCHMIDT (1.977) 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. CAMPOS (1.979) y CAMPOS et al (1.980), reconocen una fase principal de vergencia norte en la cobertera del borde occidental de Cinco Villas. Posteriormente LLANOS (1.983), distingue dentro del ciclo alpino dos etapas, la primera intracretácica y otra posterior de vergencia norte tardicretácica. ZUAZO (1.986) 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 (1.988) establece las características y relaciones mutuas de las dos esquistosidades descritas por ZUAZO (1.986).

Por último MARTÍNEZ TORRES (1.989), 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.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS

Las manifestaciones de la deformación sufrida en el territorio ocupado por la Hoja son de gran importancia, e imprimen el carácter geológico dominante en esta zona, dando lugar a un gran número de estructuras.

3.2.1. Discordancias

Entre los materiales que afloran en esta Hoja, 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 principales procesos de deformación intrapaleozoicos se localizan entre el Westfaliense y el Estephaniense, sin ninguna evidencia de fases orogénicas anteriores.

El límite Paleozoico-Mesozoico, constituye una discordancia importante y muy visible en toda la región.

El paso Triásico-Jurásico no es visible en esta zona, ya que se encuentra muy cubierto por la vegetación, además, este contacto se encuentra muy mecanizado debido a la distinta competencia de los materiales.

El tránsito del Jurásico al Cretácico se realiza mediante una amplia discordancia que en esta zona erosiona gran parte de los depósitos jurásicos. Esta discordancia urgoniana se hace muy patente en el sector occidental de la Hoja.

Por último el límite del Supraurgoniano, constituye en esta zona una amplia discordancia erosiva, llegando a presentar niveles conglomerados en su muro.

3.2.2. Pliegues

En el Dominio del Manto de los Mármoles y zona septentrional de La Ulzama, se aprecian varias estructuras de distinta categoría. Al norte del cabalgamiento de Luyandi existe una zona con pliegues de dirección subparalela, que hacia el sur, ya en las proximidades del cabalgamiento se aprecian varios sinclinales volcados con vergencia sur que dan lugar a pequeños cabalgamientos en esta dirección.

Hacia el sur del cabalgamiento de Luyandi, existe un complejo de anticlinales cuyo núcleo está ocupado por materiales calcáreos urgonianos y sinclinales constituidos por los depósitos detríticos albienses, que presentan dirección NO-SE. En la prolongación de estas estructuras hacia el oeste, se observa un cambio brusco de dirección, hasta colocarse en rumbo prácticamente subparalelo. Este cambio de dirección está propiciado por el desplazamiento en profundidad de la falla de Pamplona.

En el sector oriental, ocupado por los materiales paleozoicos del macizo de Quinto Real, existe una macroestructura denominada anticlinal de Artesiaga (DE BOER et al.,

1.972). Este pliegue presenta dirección N-S con vergencia muy pronunciada hacia el oeste, la inclinación del eje del pliegue es de 10° a 25° hacia el sur.

Esta estructura presenta una esquistosidad de plano axial, paralela a la dirección de los ejes N-S, también en ocasiones se observa otra esquistosidad más amplia de dirección NO-SE, más reciente. La Hoja a escala 1:50.000 MAGNA de Sumbilla, indica como hacia el este, las direcciones de los grandes pliegues y de los cabalgamientos, van girando hasta llegar a una dirección NO-SE.

3.2.3. Fracturas

En esta Hoja, hay que destacar la presencia de la falla de Pamplona que en superficie está marcada por la alineación de los diapiros navarros y en esta Hoja viene marcada por la alineación de ofitas, ocultándose debajo de los depósitos calcáreo-arcillosos de las facies Urgonianas y Supraurgonianas. Esta alineación ha sido estudiada por BRINKMAUN et al. (1.967), FEUILLEE et al (1.971), GALDANO et al. (1981), GALLART et al. (1.981), DEL VALLE LERSUNDI (1.986) y MARTÍNEZ TORRES (1.989). Este accidente delimita dos dominios estructurales distintos, la zona Surpirenaica al este y el Arco Vasco al oeste. Esta fractura presenta un evidente carácter posthercínico correspondiendo al sistema de la Falla de Plasencia-Alentejo. Más que de una falla, en el sentido estricto, se trata de un accidente profundo, complejo, enmascarado por los depósitos mesozoicos, resultando difícil de observar en esta zona.

Durante el Lías, representa una zona de tensión que permite el alojamiento de las masas ofíticas en las facies Keuper. Posteriormente, durante el Mesozoico, separa un área de fuerte subsidencia al oeste. Esta estructura tiene una importante componente de desgarre que desplaza la falla Norpirenaica unos 20 km al SO, hasta la falla de Leiza.

Esta estructura produce una fuerte tectonización en los bordes de los macizos de Quinto del Real y Cinco Villas, en una franja amplia, la dislocación puede ser debida a la rigidez de los macizos. Las masas de ofitas, permiten seguirla hasta el puerto de Velate.

La falla de Pamplona se considera como un accidente posthercínico que ante un movimiento regional de salto en dirección sinextral, se comportaría a modo de una gran grieta de tensión que favorecería la formación de las cuencas estefano-pérmicas. Este mismo modelo podría ser aplicable al ascenso de las ofitas en el Lacolito de Almandoz.

En esta Hoja existen una serie de cabalgamientos, prolongación hacia el este del cabalgamiento de Luyandí, con buzamiento del plano de falla hacia el norte y que pone en contacto materiales ofíticos al norte con depósitos margo-calcáreos en facies "Urgonianas".

3.3. CRONOLOGÍA DE LA DEFORMACIÓN

La evolución tectónica de la región puede referirse a dos grandes ciclos, desigualmente representados en la Hoja: el ciclo hercínico, puesto de manifiesto por los materiales paleozoicos, y el ciclo alpino, caracterizado por los materiales mesozoicos.

El ciclo hercínico está caracterizado tan solo por sus manifestaciones más tardías, cosistentes en pliegues y cabalgamientos orientados de NO-SE a N-S, junto con dos familias de esquistosidades.

Durante el intervalo Estefaniense-Pérmico tuvo lugar una fase de fracturación de escala continental, conocida como etapa tardihercínica y caracterizada por la génesis de desgarres de direcciones NE-SO y NO-SE. Entre los accidentes tardihercánicos más destacados en la historia posterior de la región, se encuentran las fallas de Pamplona y Norpirenaica, esta última actuando como límite entre las placas Ibérica y Europea, y desempeñando un papel fundamental en la apertura del Golfo de Vizcaya, y como línea transformante durante la deriva de Iberia.

En general, los accidentes tardihercánicos constituyen un elemento fundamental durante el posterior ciclo alpino, puesto que 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.

A grandes rasgos, el ciclo alpino comprende dos períodos de carácter geodinámico diferente: una larga etapa coincidente con el Mesozoico, en la que la región se encontraba situada en un dominio de divergencia y traslación de placas, con creación de cuencas de sedimentación, y un período más corto, que abarca parte del Terciario, en el que la convergencia y posterior colisión de las placas Ibérica y Europea daría lugar a la génesis del orógeno pirenaico.

La historia tectónica de la zona durante el Mesozoico, sólo puede reconstruirse a través de algunos rasgos fragmentarios, entre los que se encuentra la etapa distensiva reconocida a comienzos del Jurásico por el ascenso de magmas basálticos de composición toleítica, que dieron lugar a las masas ofíticas englobadas en los materiales triásicos.

Posteriormente MARTÍNEZ TORRES (1.989), reconoce las siguientes fases tectónicas:

-Fase prealbiense con desarrollo de estructuras de dirección NNW-SSE.

-Una fase con desarrollo de vergencias hacia el N.

-y una tercera fase con desarrollo de vergencias hacia el S.

La edad de la Fase prealbiense está bien establecida por la discordancia basal Albiense sobre las correspondientes estructuras. Los movimientos iniciales de esta fase quizás sean oxfordienses, sin embargo, todavía no se disponen de datos que permitan confirmar dicho inicio.

Las fases de vergencia N y S., con claramente terciarias, pues son reconocibles estructuras asociadas a estas fases en materiales del Cretácico superior de la Depresión Intermedia y del Valle de Ulzama. Sin embargo, al no conservarse materiales post-tectónicos, debemos remitirnos a áreas cercanas que permitan su datación.

En relación con la Fase de vergencia N puede augurarse que es post-eocena media, si consideramos que afecta al flysch eoceno del Monoclinial de Zumaia (CAMPOS, 1.979), en el NW. del macizo de Cinco Villas, no pudiéndose concretar más

precisamente su edad, al no conservarse materiales postectónicos. En este sentido, se ha reconocido en la plataforma continental, al norte del Monoclinar de Zumaia, una discordancia transgresiva Luteciense sobre estructuras previas (WINNOCK, 1.971), que bien pudiera datar las vergencias al N. Todo ello, se corresponden con las observaciones realizadas en la Zona Norpirenaica (CHOUKROUNE, 1.976).

En referencia a la fase con vergencias hacia el S, los materiales en la Cuenca Vasco-Cantábrica afectados por esta fase se encuentran en el límite sur del Bloque alavés, concretamente en la Sierra Cantabria-Montes Obarenes. La datación de los primeros materiales posteriores al paroxismo alpino en esta zona, corresponde al Oligoceno (RIBA, 1.974). Más concretamente, en la Sierra de Codés, en la intersección de la Sierra Cantabria con la Falla de Pamplona, DEL VALLE DE LERSUNDI (1.986), se refiere a una fase oligo-miocena, por datación de los conglomerados del frente de la Sierra de Codés. Más específicamente, ésta se iniciaría en el Chattiense y perduraría hasta el Vindoboniense superior. Este mismo autor, en la Zona Surpirenaica, al este de la Falla de Pamplona, en referencia a estructuras de vergencia S, reconoce una fase paroximal en el Luteciense.

En cualquier caso, la lejanía de las dataciones realizadas, así como sus relaciones espacio-temporales, obliga a considerar con cautela las observaciones previas y, por ello, es preferible referirse a una primera Fase terciaria de vergencia N. y otra, posterior, Fase terciaria de vergencia S.

4. GEOMORFOLOGÍA

4.1. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

La Hoja, a escala 1:25.000 de Alkutz (90-IV) se encuentra situada en el sector septentrional de la provincia de Navarra,, al norte de la localidad de Pamplona en una zona de grandes alturas e importantes contrastes altimétricos, debido a la presencia de la divisoria que separa la vertiente mediterránea de la vertiente atlántica y a la profunda incisión de la red fluvial. Fisiográficamente existen tres sectores bien diferenciados: El macizo de Quinto Real, los relieves estructurales del sector de Charuta y el límite norte de la Ulzama.

Administrativamente pertenece a la Comunidad Foral de Navarra de carácter uniprovincial e hidrográficamente la mitad meridional pertenece a la Cuenca del Ebro y la septentrional a la vertiente cantábrica, estando regada por los ríos Ulzama, Labaxorreta y de Lanz.

Desde el punto de vista geológico-estructural se encuentra situada a caballo entre el Arco Vasco, al oeste y la Zona Axial, al este, sobre el conocido eje Estella-Dax. Los materiales aflorantes van desde el Paleozoico hasta el Cuaternario exceptuando el Terciario.

La altura media de la Hoja es de aproximadamente 1.000 m, con las máximas cotas en el macizo de Quinto Real, donde destacan los picos de Sayoa (1.419 m), el más alto de la Hoja y Suriain (1.411 m). Los sectores más bajos se localizan en extremo sur de la Hoja en el fondo de valle de la Ulzama. Al noroeste, en el sector de los relieves estructurales, destaca el pico o alto de Charuta con 1.081 m.

La zona perteneciente a la Ulzama es la de relieve más suave y es allí donde los valles se abren para alcanzar mayor anchura.

Por lo que se refiere a los relieves estructurales, son perfectamente diferenciables en el paisaje grandes crestas, con diferentes direcciones, siempre coincidentes con las estructuras. Suelen aparecer entre las cotas de 800 y 1.000 m.

La red de drenaje como ya se ha señalado con anterioridad desagua a dos vertientes: la mediterránea y la Cantábrica. Dentro de la primera y dirigiéndose hacia el sur, destacan los ríos Ulzama, Labaxarreta y de Lanz, así como los barrancos y arroyos de Iruzquieta, Soromiar, Oyambarren Iragüe espeleiteorreca y de Suriain. Hacia el norte y, ya de la vertiente Cantábrica, discurren las regatas de Charuta, Cevería y Goldobaro y los arroyos de Sastia, Larache y Zocoa.

Las características climáticas más generales, referidas a precipitaciones y temperatura se reflejan en el esquema morfoclimático, escala 1:1.000.000 que acompaña al mapa geomorfológico.

En el se observa que la precipitación media anual está comprendida entre 1.350 y 1.500 mm, correspondiendo los valores más altos al sector septentrional y los más bajos al meridional. Las temperaturas medias oscilan entre los 9 y 11°C con máximas de 37 °C en el mes de Julio y mínimas de -8-10°C en los meses de invierno. Aunque estos datos definen un tipo climático mediterráneo con régimen de humedad Mediterráneo húmedo, lo cierto es que hay una tendencia a la continentalidad, además de una cierta influencia del clima de montaña con precipitaciones de carácter sólido.

La red de comunicaciones es muy reducida con apenas dos carreteras, la N-121 que con un trazado sinuosos atraviesa la Hoja casi de norte a sur por el sector central y otra de carácter local, en el límite oriental. En las zonas más suaves la red de caminos carreteros es bastante tupida, disminuyendo considerablemente en el macizo de Quinto Real, en los relieves estructurales del noroeste. Lo que a veces hace difícil el acceso a la totalidad de la superficie de la Hoja.

Los núcleos de población son prácticamente inexistentes. Sólo al sur destacan tres pequeños centros urbanos: Alcoz, Arraiz-Orquín y ventas de Arraiz, esto dos últimos dan nombre a la Hoja, además de unos pocos caseríos aislados a lo largo de la carretera nacional 121.

La vegetación es muy abundantes destacando las grandes ocupaciones de bosque alto que ofrecen magníficos ejemplos de hayas, tejos, serbales y una gran variedad de arbustos y plantas herbáceas. Este tipo de vegetación alta y arbustiva, se intercala

con algunos praderas de amplio desarrollo. En los valles más amplios, además de la vegetación de ribera se encuentran cultivos de regadío.

4.2. ANTECEDENTES

Los trabajos geomorfológicos, relativos a este sector del Pirineo navarro, son muy escasos por no decir prácticamente inexistentes, aunque sí hay algunos textos de carácter general o regional que han servido de partida a este estudio.

Un gran avance, en este sentido, es el que se produce en las últimas décadas con motivo de la realización de las hojas geológicas, a escala 1:50.000, del proyecto MAGNA. En ellas se aportan, al menos, nuevos datos sobre las características de los depósitos más recientes, concretamente de edad cuaternaria. Por otra parte, la realización por I.T.G.E. y ENRESA del “Mapa Neotectónico y Sismotectónico de España, a escala 1:1.000.000” arroja algunos datos complementarios sobre este sector de Navarra.

Más concretamente hay que destacar la Tesis Doctoral de MARTINEZ TORRES (1989) que señala la presencia de movimientos recientes en el área, reconociendo en la contigua Hoja de Irurzun, por el suroeste, una terraza cuaternaria trastocada por la falla de Urbiza.

Por otra parte, la realización de las hojas geológicas del Proyecto MAGNA, a escala 1:50.000, lleva incorporada, en algunas ocasiones, una cartografía geomorfológica a escala 1:100.000. Aunque la Hoja de Sumbilla no pertenece a este caso, si lo hace la Hoja contigua de Tolosa, por el oeste, a escala 1:50.000, en la que se definen los depósitos y los procesos por su génesis. Dada la proximidad a esta zona, sus descripciones sobre los depósitos de ladera y la morfología estructural han servido de orientación.

4.3. ANÁLISIS MORFOLÓGICO

En este apartado se tienen en cuenta dos aspectos fundamentales: uno de carácter estático o morfoestructural y otro dinámico. El primero considera el relieve como una consecuencia del sustrato geológico y la disposición del mismo, y el segundo analiza

la importancia de los procesos exógenos sobre dicho sustrato y las características de los mismos.

4.3.1. Estudio morfoestructural

Desde el punto de vista estructural, la Hoja de Alkutz, a escala 1:25.000 se sitúa a caballo entre las zona Axial y al Arco Vasco, sobre el eje de Estella-Dax, al norte de la Zona Surpirenaica. (Figura 1). Las características del relieve, bastante accidentado, están muy condicionadas por la estructura, además de por la litología y la tectónica.

Los mayores relieves se localizan, al este, en el macizo de Quinto Real. Dado la complejidad de los materiales paleozoicos que aquí se encuentran y por otra parte, la homogeneización que aporta el metamorfismo, no se producen con facilidad formas estructurales de amplio desarrollo. Solo al oeste del río Suriain se reconocen un escarpe y una cresta de dirección N-S con salto superior a los 100 m. Las crestas se hacen frecuentes en la mitad occidental de la Hoja. Aquí las direcciones son bastante variadas acomodándose a las principales direcciones de plegamiento. Se desarrollan sobre los niveles calcáreos del Cretácico superior que sobresalen en el paisaje sobre la densa vegetación con dirección ONO-ESE aparecen en el cuadrante NO según una serie de anticlinales y sinclinales de largo recorrido. Más al sur, las estructuras giran, adoptando la dirección NO-SE a NNO-SSE, haciendo, en ocasiones de interfluvio de los ríos de la vertiente mediterránea. También estas crestas suelen tener desniveles superiores a 100 m. Este conjunto de formas son debidas a la estructura general de la Hoja en el sector occidental, consistente en una serie de anticlinales y sinclinales de gran longitud. La diferente competencia de los materiales y la extensión de las estructuras, unidas a la alteración mecánica y a los procesos de disolución dan esta serie de crestas de largo recorrido, que dejan resaltar los niveles más duros.

No se observan otras formas de carácter estructural, a excepción de algunas cuestas en los alrededores de Ventas de Arraiz.

La morfología de la red de drenaje es otro aspecto que refleja magníficamente la influencia de la estructura en la configuración del relieve. También la linealidad de algunos cauces, la orientación preferente de muchos de ellos según determinadas directrices, así como los cambios bruscos en los perfiles longitudinales, indican que

las aguas circulan preferentemente por las zonas de mayor debilidad o de máxima pendiente.

En la figura 2 se presenta un esquema de la red de drenaje a escala 1:100.000, en el que se indican las principales direcciones de flujo de los tramos más rectilíneos y donde se observa la existencia de varias direcciones importantes.

En primer lugar se observa que tanto en la vertiente cantábrica como en la mediterránea una de las direcciones más frecuentes es la N-S, tanto en un sentido como otro. Se trata de la línea de máxima pendiente, puesto que es una zona de cabecera y también en algunos casos, como en el cuadrante NO, coincide con la dirección del plegamiento principal. La familia NE-SO de igual manera muy frecuente, se adapta en la mayoría de los casos a la fracturación más común en la Hoja. Es la dirección del Eje Estella-Dax o falla de Pamplona. Las otras dos familias, E-O y NO-SE también suponen direcciones tectónicas, tanto de plegamiento como de fracturación pero son mucho menos frecuentes.

Por lo que se refiere a la morfología general de la red de drenaje, en este caso concreto, se trata de una red de tipo dentrítico, subtipo angular, con una densidad media en toda la Hoja, a excepción del cuadrante SO, donde disminuye de forma notable. Estas redes son características de áreas con litologías muy homogéneas o con sedimentos estratificados en los que alternan materiales de diferente competencia, dispuestas en series monoclinales. Ambos casos se presentan en esta Hoja.

4.3.2. Estudio del Modelado

Se analizan aquí todas las formas cartografiadas en el mapa, tanto de carácter erosivo como sedimentario y que han sido originadas por la acción de los procesos externos. También se describen dichos procesos y su importancia en el modelado del relieve. Tres son las morfologías más significativas: la estructural, las debidas a la acción fluvial y a los procesos de disolución.

4.3.2.1. Formas fluviales

En esta Hoja de Alkotz, el desarrollo de la morfología fluvial es bastante importante pero siempre domina la de carácter erosivo. La escasez de depósitos es patente, limitándose a fondos del valle y conos de deyección.

Los fondos de valle están constituidos por un conjunto de gravas y cantos de diferente naturaleza envueltos en una matriz de carácter arenoso-arcilloso. Su morfología en planta es estrecha y alargada con trazados sinuosos en los que se intercalan tramos rectilíneos. En algunos puntos, como sucede en el sector de la Ulzama estos depósitos alcanzan mayor desarrollo llegando a tener algo más de 500 m de ancho. Esto es debido a que se trata de una zona de relieve más suave y menor pendiente, donde los valles pueden desarrollarse con mayor amplitud. Lo que si se observa es que en el macizo de Quinto Real es decir en los materiales paleozoicos los fondos de valle son muy poco frecuentes y los que hay son muy estrechos y en general de escaso desarrollo.

En general, asociados a los fondos de valle aparecen los conos de deyección, instalados a la salida de algunos arroyos y barrancos, al desembocar en un auge de rango superior. Son muy escasos y se aparecen sólo en el sector central de la Hoja, al oeste del Puerto de Velate, muy próximos a la fábrica de caolín. Su morfología en abanico es muy característica y suelen aparecer como formas muy aisladas, aunque sus depósitos se interdentan con los de fondos de valle. Son de muy pequeño tamaño. La litología es muy similar a la de los fondos de valle, puesto que el área madre es la misma, aunque la textura puede variar, no sólo en relación a los fondos de valle, sino dentro de un mismo depósito, pues el tamaño de grano disminuye de la zona apical a la distal. Su génesis suele ser contemporánea a la de los fondos de valle puesto que lo más frecuente es que unos y otros aparecen interdentados. También es habitual en los valles la asociación lateral con los coluviones y otros depósitos de ladera.

Por lo que se refiere a las formas de carácter erosivo, tampoco son muy variadas, destacando una importante red de incisión que da lugar a valles en "v" que en general se manifiestan en barrancos de empinadas laderas, con frecuencia con pendientes superiores al 20%. Los barrancos más profundos son los del macizo de Quinto Real. Este acusado proceso de erosión se debe a que esta zona corresponde a un área de

montaña en la que además se encuentra una gran divisoria y es la que separa la vertiente norte de la cuenca del Ebro. Esta divisoria de este a oeste, va desde el paraje de Larremiar hasta el Puerto de Artesiaga, pasando pro Puchotecogañe, Charuta, Puerto de Velate, Gartzaga y Sayoa. En estas condiciones las aguas de escorrentía se encajonan notablemente produciendo fuertes incisiones y entalladuras, dando lugar a una sucesión continua de barrancos e interfluvios que configuran una morfología abrupta. La existencia de una litología alternante favorece el desarrollo de estas formas. La incisión se produce en la mayoría de los casos por la litología más blanda o por líneas de máxima debilidad como fallas o fracturas.

Los interfluvios son en estos casos los resaltes de las capas más duras o la unión de dos laderas opuestas en el proceso del retroceso de las cabeceras. Cuando se llegan a juntar los escarpes opuestos producen un interfluvio en “v” invertido, muy característico de las áreas de cabecera.

4.3.2.2. Formas de laderas.

En este grupo se han reconocido coluviones, canchales, deslizamientos y desprendimientos.

Los coluviones lo más frecuentes es que aparezcan al pie de las laderas pero en zonas como esta, también pueden aparecer a diferentes alturas de la misma. Se han originado por la acción conjunta de agua y de la gravedad. En la Hoja de Alkutz son relativamente habituales dando una serie de bandas estrechas paralelas a los cauces. Los de mayor tamaño aparecen en el sector central, en las proximidades del Puerto de Velate.

Dentro del grupo de los coluviones se han incluido otros depósitos como los derrubios ordenados, que por la ausencia de cortes y una cobertera vegetal tupida, no siempre son fáciles de diferenciar.

También se han cartografiado canchales que siempre aparecen relacionados con un relieve accidentado y grandes escarpes de naturaleza calcárea. Un buen ejemplo es el que aparece en la ladera sur del escarpe de Charuta. Son depósitos con escasa matriz constituidos por una acumulación de bloques y clastos angulosos. Desprendidos de los escarpes superiores. Cuando las caídas se limitan a unos

cuantos bloques de gran tamaño se han representado como desprendimientos o caídas de bloques. Su génesis se debe a la alteración mecánica de los escarpes a través de las fracturas. La erosión continuada produce el aislamiento de los bloques que al estar en una posición de inestabilidad, caen a cotas inferiores de las laderas.

Los deslizamientos también se producen por las altas pendientes y por la presencia de litologías blandas o alternantes. Aunque algunos aparecen dispersos por la Hoja, existe una zona en la margen derecha del río de Lanz donde hay una acumulación de estas formas, algunas de gran tamaño. En casi todas ellas se puede observar con claridad la cicatriz de despegue y la masa deslizada. Algunos son de carácter rotacional y otros mixtos en los que hay una componente solifluidal. Las dimensiones pueden llegar a tener, a veces algo más de 500 m².

Para terminar con las formas de ladera se han señalado algunas zonas de las laderas, caracterizadas, por una serie de movimientos, cada uno de ellos de pequeñas proporciones pero que en definitiva dan una ladera llena de inestabilidades. Entre estos movimientos se observan pequeñas cicatrices de despegue o lajamiento y quizás algunas otras producidas por solifusión. El factor climático influye de manera decisiva en la puesta en movimiento del material. El exceso de agua meteórica que entra al sistema por grietas, fracturas, porosidades etc., carga al material en peso hasta que el equilibrio se rompe, produciéndose la rotura y el movimiento de la masa a deslizar. A pesar de la intensa vegetación, este tipo de movimientos son frecuentes en la Navarra húmeda, debido precisamente a la abundancia de agua y a las altas pendientes.

4.4. FORMACIONES SUPERFICIALES

Se definen como tales todos aquellos materiales coherentes o no, que han podido sufrir una consolidación posterior y que están relacionados con la evolución de paisaje que se observa en la actualidad (GOY et al., 1981) sus características principales son que deben ser cartografiables a la escala de trabajo y estar definidas por una serie de atributos tales como geometría, textura, litología, potencia, génesis y en ocasiones edad.

Las formaciones superficiales más representativas dentro de la Hoja de Alkutz (90-IV) son las de carácter fluvial, aunque la variedad de depósitos es bastante reducida limitándose a fondos de valle y conos de deyección.

Los fondos de valle están constituidos por un conjunto de cantos y gravas de naturaleza principalmente calcárea y dolomítica en la mitad occidental de la Hoja, mientras que en la oriental dominan los de cuarcita, pizarra, cuarzo y areniscas (macizo de Quinto Real) todos ellos empastados en una matriz arenoso-arcilloso. Esta matriz posee cierto contenido en carbonatos que a veces se acumulan alrededor de los cantos formando una especie de envuelta denominada camisa. El tamaño medio de los clastos está comprendido entre 5 y 8 cm, y el tamaño máximo observado es de 35 cm. Estos bloques son abundantes de una zona montañosa, donde la capacidad erosiva de los cursos es muy elevada por las grandes diferencias altimétricas y por la alta pluviometría. La presencia, además, de una estación fría, favorece la alteración mecánica y la puesta en movimiento de los fragmentos de roca a través de los cauces. La potencia de estos depósitos no es visible en la mayoría de los casos pero no parece superar los 4-5 m. Los aluviales de mayor tamaño se localizan en el cuadrante suroeste de la Hoja y son los pertenecientes a la cuenca del río Ulzama. A todos estos depósitos se les asigna una edad Holocena por representar la última etapa de la sedimentación fluvial.

Los conos de deyección son muy escasos y se reducen a tres o cuatro ejemplos en las proximidades del Puerto de Velate, al oeste del mismo. Son también depósitos de textura granular, heterométrica y muy poco consolidados. Su litología es muy similar a la de los fondos de valles, puesto que en la mayoría de los casos el área madre es común, aunque pueden presentarse diferencias locales. En este caso pueden encontrarse además gravas y cantos de ofitas por la proximidad de estos materiales en la zona de alimentación del valle. Por lo que se refiere al tamaño de los granos, existen grandes variaciones dentro de un mismo depósito desde la zona apical a la distal, disminuyendo mucho de la primera a la segunda. La potencia varía en el mismo sentido, desde 6-7 m hasta pocos centímetros, siendo algo más potentes los que tienen menor tamaño. Hay que señalar que muchos de ellos son funcionales en la actualidad.

Entre las formaciones superficiales de ladera se describen aquí los coluviones, los canchales y los deslizamientos. Los primeros son de naturaleza arcillosa con

numerosos clastos de carácter anguloso, dispuestos en lechos que indican los diferentes aportes que van dando origen al depósito. Son clastos casi siempre calcáreos y muy angulosos. La potencia es muy heterogénea pudiendo variar desde un tapiz superficial de pocos centímetros hasta acumulaciones de varios metros. Normalmente se ubican al pie de las vertientes, en bandas alargadas paralelas a los cauces. Los canchales aparecen por lo general a distintas alturas de la ladera y están constituidos por una abundante acumulación de clastos y bloques de gran heterometría que a veces pueden llegar a alcanzar más de un metro. La potencia de estos depósitos suele variar entre 0,5 y 3 m, no descartándose la posibilidad de mayores potencias puntualmente.

Los deslizamientos, como es de suponer dan lugar a una acumulación caótica de bloques clastos y cantos de los materiales existentes en la ladera empastados en una masa de finos, a veces algo empapada en agua. Sobre todo cuando son recientes. La potencia de los mismos está directamente relacionada con el tamaño del deslizamiento y con la profundidad del plano de rotura. Se les atribuye una edad Holoceno- Actualidad.

4.5. EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA

La Hoja de Alkutz se encuentra inmersa en la evolución geomorfológica regional, por lo que siempre habrá que enmarcarla en un contexto más amplio. Esto es debido a la necesidad de tener puntos de referencia claros, de carácter regional, a partir de los cuales relacionar otros procesos que se reconocen en el relieve pero cuya posición en el tiempo es menos claro.

Geomorfológicamente no existen en la Hoja puntos de referencia conocidos que puedan servir como base de partida para establecer una evolución de procesos y formas, por lo que es necesario salirse de este ámbito de estudio. En Hojas próximas como la de Cizur (nº141-I), se reconocen una serie de retazos de una antigua superficie de erosión que, por las cotas a las que se sitúa (900-1000 m) se sugiere su equivalencia con la Superficie de Erosión Fundamental de la Cordillera Ibérica (PEÑA et al 1984) a la que se atribuye una edad Vallesiense-Plioceno, aunque por el conocimiento que ya se va teniendo de la misma, algunos autores suponen que no sobrepasa el Turolense. Es decir, a grandes rasgos esta superficie indicaría el final de

la erosión y por tanto del relleno neógeno, representado en la mayoría de las cuencas por las "Calizas del Páramo".

Aunque en esta Hoja no existen depósitos terciarios del Mioceno medio y superior, la realización, en un futuro, de trabajos geomorfológicos en Hojas próximas, contribuirá al conocimiento de muchos datos de los que ahora se carece.

Después del relleno Neógeno empezarían los procesos de erosión y vaciado de las cuencas, pero en un caso como éste en el que muchos de los relieves no llegaron nunca a ser cubiertos por los depósitos terciarios lacustres sino que actuará como bordes elevados, es muy probable que los procesos de incisión ya tuvieron lugar en el Mioceno superior y Plioceno. Es decir esta zona de divisoria ha sido desde hace mucho tiempo una zona de erosión que alimentaba a las cuencas próximas.

Esto es lo que ha dado lugar a un relieve tan abrupto e incidido, donde los valles están profundamente encajados. En definitiva todo ello hace que se origine un relieve con importantes diferencias altimétricas, en el que son frecuentes barrancos, escarpes, aristas, etc.

Para finalizar este apartado hay que añadir que a medida que avanza el Cuaternario, la red fluvial continúa su proceso erosivo y se inicia la formación de otros cauces, sobre todo en la cabecera de la red secundaria. Mientras tanto la morfología que se va elaborando, tanto en las laderas (cóncavas, convexas, etc..) como en los valles (simétricos, asimétricos, en astesa, en "v", en "u", etc...) depende en cada punto de la litología, del clima y de la tectónica local.

4.6. PROCESOS ACTUALES

En la Hoja de Alkutz, se reconocen dos tipos de procesos que son funcionales en la actualidad y son:

-Erosión fluvial

-Movimientos de ladera

Dentro de la erosión fluvial uno de los procesos más acusados es el de incisión vertical de la red que ha dado lugar a profundos barrancos, sin depósito alguno, como sucede en algunos tramos de la red secundaria. El hecho de esta intensa erosión se debe a que el área pertenece a un área de montaña. Próxima a una gran divisoria, donde se instalan numerosas cabeceras, por lo que dicha erosión va a ser dominante, al menos en un futuro inmediato. Esta erosión será más o menos intensa dependiendo de los movimientos tectónicos recientes, del nivel de base general y sobre todo de la competencia o incompetencia de los sedimentos.

Los procesos de ladera son los otros que se manifiestan activos y están representados por las caídas de bloques y algunos deslizamientos. Los primeros se producen a partir de los escarpes carbonatados del Cretácico debido a su gran extensión superficial y a su amplio grado de fracturación. El agua meteórica penetra por las numerosas discontinuidades (diaclasas, grietas, fracturas, planos de estratificación, etc...) provocando la apertura de las mismas, durante la estación fría. Este proceso tiende al aislamiento de los bloques que al estar en una posición de inestabilidad, como sucede en el borde de los escarpes, tienden a caer por gravedad, depositándose en cotas inferiores de la vertiente. En la Hoja de Alkotz, este hecho es lo normal en la mayoría de los escarpes existentes.

Por otra parte, los deslizamientos, aunque no muy abundantes, también constituyen parte de la dinámica actual. La naturaleza blanda o alternante de algunos materiales, unida al clima y a las fuertes pendientes, favorecen la inestabilidad de las masas a deslizar, una vez que el agua meteórica ha entrado por los planos de discontinuidad y se produce un desequilibrio en el sistema. Este tipo de movimientos han originado numerosos problemas en la construcción de la autovía de Leizarán, en la contigua Hoja de Irurzun, por el SO, produciéndose en los taludes abiertos como consecuencia de la obra.

Aunque todos estos procesos que se han detallado, puedan ser puntualmente de gran envergadura, no se prevén grandes cambios en el relieve en un futuro inmediato. La tendencia, a largo plazo es a una suavización de las formas, por las diferentes acciones erosivas, con evacuación de los materiales hacia las grandes venas de agua.

5. PETROLOGÍA

Dentro de la Hoja de Alkutz afloran rocas ígneas, encajadas en materiales paleozoicos y mesozoicos, así como rocas ligeramente metamorfizadas, correspondientes a los materiales prehercínicos del macizo de Quinto Real.

5.1. 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.

5.1.1. Diabasas (nivel 2)

Se trata de una serie de afloramientos de reducidas dimensiones, distribuidos por el ámbito de los montes Energuerena y Sayoa, y especialmente, del arroyo de Zocoa. Se disponen paralelas a la estratigrafía o transversales a ella, denunciando su carácter intrusivo.

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 interstratificadas entre los sedimentos pérmicos. En cualquier caso, la resolución de este problema debe pasar por la realización de estudios geoquímicos de cierto detalle.

5.1.2. Ofitas (nivel 1)

Poseen una superficie de afloramiento muy superior, apareciendo en el sector centro-occidental, coincidiendo con la divisoria entre las cuencas de los ríos Ebro y Bidasoa, así como en relación con la orla triásica del macizo de Quinto Real, donde su extensión es notable. Al norte de esta orla se encuentra el denominado “Lacolito de Almandoz”, para el que se han estimado espesores comprendidos entre 200 y 800 m.

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.

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 líneas generales, las masas ajenas al “Lacolito de Almandoz”, pueden considerarse como sills andesítico-basálticos muy espilitizados, cuyo espesor varía de orden métrico a hectométrico, relacionándose su emplazamiento con un evento distensivo básico.

5.2. ROCAS METAMÓRFICAS

Los materiales aflorantes en la Hoja de Alkotz han sido afectados por diversos acontecimientos metamórficos, todos ellos de baja intensidad, por lo que sus efectos son difícilmente evaluables sobre el terreno. Se reconocen episodios de metamorfismo regional y de contacto.

5.2.1. Metamorfismo regional

Aunque con muy escaso detalle, se han descrito en la zona dos eventos metamórficos de carácter regional. El más antiguo está relacionado con la orogenia hercínica, en

tanto que el más reciente, acaecido durante el ciclo alpino, está relacionado con la actividad de la falla de Leiza.

Poco puede decirse del metamorfismo regional que afecta a los materiales devónico-carboníferos del macizo de Quinto Real, cuya intensidad no superó el grado muy bajo, conservándose la disposición estratigráfica de las rocas preexistentes. No se han reconocido minerales tipomórficos, siendo la principal evidencia del proceso metamórfico la orientación textual preferente observada en algunas litologías.

El metamorfismo relacionado con la falla de Leiza es mucho más evidente en las proximidades de ella, habiendo dado lugar a una banda metamorfizada conocida como "Manto de los mármoles". Obviamente su intensidad disminuye hacia el S. en relación con la distancia, de tal forma, que en la zona de estudio sus efectos sobre la cobertera mesozoica sólo son perceptibles por las asociaciones mineralógicas generadas. Así a grandes rasgos, en el sector del monte Garmendi se reconoce la zona de la clorita, en tanto que hacia el S y SE se ha identificado la zona de clorita + moscovita + biotita; la menor intensidad se localiza al SO de Velate, reconociéndose la zona de la clorita (MARTÍNEZ TORRES, 1.989).

El metamorfismo de la falla de Leiza afecta a todos los materiales comprendidos entre el Triásico y el Cretácico inferior. Aunque no existe un total acuerdo acerca de la edad del metamorfismo, los datos aportados parece sugerir los comienzos del Cretácico superior como época más probable.

5.2.2. Metamorfismo de contacto

Está relacionado con la intrusión de las magmas ofíticos, afectando con poca intensidad a un reducido volumen rocoso, siendo su efecto más evidente la marmorización de los niveles carbonatados basales de la serie jurásica.

6. HISTORIA GEOLÓGICA

El presente capítulo pretende dar una visión generalizada de la evolución paleogeológica de la zona que se extiende por las Hojas a escala 1:50.000 nº 89 (Tolosa) y nº 90 (Sumbilla).

Por ello, se ha prestado especial atención a los eventos tectónicos principales y a los ciclos sedimentarios de mayor rango que afectan a la región.

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, se encuentra incluido dentro del Dominio Europeo presenta diversidad de facies en general de ambientes marino someros. En el macizo de Quinto Real, incluido en el Dominio Ibérico, los depósitos devónicos se sedimentaron en una plataforma marina externa con influencia turbidítica que pasan a techo a plataformas someras llegando a ambientes costeros e incluso continentales.

Durante el Westfaliense se homogeneizan las cuencas, superponiéndose una potente serie flyschoides en facies "Culm", indicando el comienzo del plegamiento.

El primer proceso de estructuración a gran escala sobrevino a finales del Carbonífero durante la fase Astúrica de la orogenia Hercínica, cuyo principal resultado es la generación de sistemas de plegamiento y cabalgamiento de directrices NO-SE y N-S.

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 produjeron 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.

En general, desde el Pérmico hasta el Infralías, predomina la tranquilidad tectónica.

La estructuración tardihercínica configuró la región como una serie de horsts y grabens paralelos a los accidentes principales. El relleno sedimentario de los surcos dio comienzo por las zonas más deprimidas, durante el Pérmico y su progresión en la vertical aumentó paulatinamente el área sedimentaria, favoreciendo una disminución energética, como sugieren los depósitos fluviales y aluviales de las facies "Buntsandstein".

Tras este episodio, 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". El retroceso marino del Triásico superior permitió la creación de una extensa llanura costera en un ambiente de gran aridez, con característicos depósitos de evaporitas atribuibles a las facies "Keuper".

En el límite Triásico-Jurásico, comenzó la ruptura de la rampa triásica, donde se había depositado durante el Rhetiense unas facies carbonatadas. En esta fase de rifting es en la que se produce el desgarramiento que separa la placa Ibérica de la Europea estable. Esta actividad tectónica extensional, provocó posiblemente, una primera reactivación de la falla de Leiza, dando lugar a la formación de una serie de cuencas de semigraben, originadas por fallas lítricas normales.

Estas cuencas son las que se rellenan de brechas y sucesiones carbonatadas y evaporíticas, depositadas en un ambiente de "sebkha" con episódicas influencias marinas con ambientes de llanura intermareal.

Continuando con la tendencia trasgresiva, el medio evolucionó hacia condiciones inter a submareales con el depósito de las calizas laminadas y bioclásticas del Sinemuriense.

Durante el Lías medio y superior se pierden estas condiciones, cambiando progresivamente a un medio menos somero. Este proceso puede ser debido a una posible fragmentación relacionada con el ascenso de magmas andesítico-basálticos,

cuyo emplazamiento a favor de los niveles plásticos de las facies “Keuper” generó las típicas masas de ofitas.

La transición a las condiciones de plataforma media es generalmente gradual, con el depósito de materiales de naturaleza margosa y de calizas bioclásticas con encostramientos ferruginosos locales. La sedimentación, a partir de ahora se produce en los dominios medios y externos de una rampa de gran extensión.

Durante este intervalo, la cuenca se encuentra estructurada en una serie de altos relativos y surcos pelágicos más subsidentes.

En el Dogger la tendencia a la somerización continúa, en un ambiente de plataforma abierta, con el depósito de materiales margosos y calizas bioclásticas, permaneciendo la plataforma compartimentada, dando lugar a la variación de espesores que se observan.

La somerización de la plataforma culmina con el depósito de las calizas con espongiarios y filamentos que caracterizan una plataforma somera de energía moderadamente alta.

A finales del Dogger, se produce un hundimiento generalizado de la plataforma en unas condiciones de relativa profundidad y baja energía, con el depósito durante el Malm de materiales sedimentados en condiciones restringidas que pasan a condiciones más abiertas en el Kimmeridgiense. Estos procesos se prolongarán durante parte del Cretácico inferior, puesto de manifiesto mediante movimiento distensivos relacionados con los procesos de rifting del Golfo de Vizcaya y el comienzo de la deriva de la placa Ibérica hacia Europa. Es en esta época cuando se reactiva la falla de Leiza que coincide con los tradicionales movimientos neokiméricos.

En este contexto, a lo largo del intervalo Portlandiense-Berriasiense se produjo el depósito de la facies “Purbeck” bajo condiciones salobres con cierta influencia continental, dentro de una secuencia transgresiva culminada en el Valanginiense inferior con el depósito de facies carbonatadas en un ambiente de lagoon.

La fase neokimérica más tardía, intravalangiense, coincidió con el inicio de un evento regresivo caracterizado por el depósito de la facies "Weald", en un contexto salobre con fuerte influencia continental, finalizando en el Barremiense.

En el Aptiense comienza una importante transgresión, mediante la instauración de condiciones marinas someras con el desarrollo de arrecifes de rudistas aportes de terrígenos que dificultarían la construcción de los arrecifes urgonianos. Desde el punto de vista estructural continúa la fase extensional y la compartimentación, activándose la falla de Leiza. Se originan una serie de estructuras de dirección N-S en el "Manto de los Mármoles".

La deriva antihoraria de Iberia con respecto a Europa tuvo su principal reflejo durante el Albiense, con la denominada fase Austrica que dió lugar a una nueva reestructuración general. Su principal efecto es la elevación de los macizos paleozóicos, con una distribución próxima a la actual; como consecuencia de una tectónica de bloques y, tal vez, el ascenso diapírico de los materiales plásticos de la facies "Keuper", la cuenca quedó compartimentada por una serie de umbrales.

En esta zona se produjo una invasión generalizada de terrígenos que determinó la muerte de los arrecifes, en tanto que el área de la cuenca se transformó en un surco alimentado por episodios turbidíticos.

Superpuesta a la actividad tectónica prealbiense, en clara relación con la falla de Leiza, se solapa una fase metamórfica antecenomaniense, que es la fase metamórfica alpina principal.

Durante el Cenomaniense tiene lugar un nuevo episodio de inestabilidad, con máximo transgresivos durante el Turoniense y Campaniense. En los surcos sedimentarios preestablecidos se depositan materiales de naturaleza margocalcárea.

En el transcurso del Santoniense se instaura en la zona un complejo turbidítico profundo. 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 Paleógeno, continúa la sedimentación turbidítica.

7. GEOLOGÍA ECONÓMICA

7.1. RECURSOS MINERALES

No existe en la actualidad signo alguno de actividad minera en el ámbito de la Hoja de Alkutz, que parece haber despertado un interés muy superior en épocas pasadas, reconociéndose seis explotaciones abandonadas correspondientes a rocas industriales y nueve, a minerales metálicos.

7.1.1. Minerales metálicos y no metálicos

Se incluyen en ese apartado los indicios y explotaciones abandonadas relativas a cobre, hierro, mercurio, plomo y wolframio.

En cualquier caso, en general existe un gran desconocimiento relativo a los minerales metálicos en Navarra, tanto en lo que concierne a leyes como a reservas, así como a diversos datos económicos, lo que unido al desinterés mostrado por ellos desde hace algunas décadas, nos hacen pensar en su futura explotación a corto o medio plazo.

7.1.1.1. Cobre

Se ha inventariado dos indicios y cuatro explotaciones abandonadas correspondientes a esta sustancia, todos ellos albergados en materiales paleozoicos, excepto la explotación de Lizanegui, ubicada en calizas del Cretácico inferior. En los casos en que ha podido determinarse su morfología, posee carácter filoniano, con sulfuros y óxidos como mena.

Regionalmente, se relacionan con filones de cuarzo encajantes en materiales paleozoicos y mesozoicos, siendo las menas fundamentales calcopirita, malaquita y azurita. El emplazamiento filoniano se produjo en condiciones hidrotermales, por debajo de 400°C, posiblemente con posterioridad al Campaniense y anterioridad al Eoceno medio.

7.1.1.2. Hierro

Corresponden a esta sustancia cuatro explotaciones abandonadas, con mineralizaciones de morfología estratiforme encajadas en materiales carbonatados Aptiense-Albiense, junto con tres indicios correspondientes a morfologías desconocidas, siendo areniscas triásicas y ofitas las rocas encajantes, con magnetita y oligisto como menas principales.

Poco puede decirse de su génesis, si bien parece deducirse un origen sedimentario para las mineralizaciones encajadas en calizas cretácicas, siendo desconocida en el resto de los casos, aunque tradicionalmente ha sido señalada su relación con filones hidrotermales de cuarzo.

7.1.1.3. Mercurio

Se incluyen en este apartado cinco indicios, todos ellos ubicados en el macizo de Quinto Real correspondientes a morfologías desconocidas, siendo el Carbonífero y la facies Buntsandstein las rocas encajantes. regionalmente, las mineralizaciones se encuentran diseminadas en filones de cuarzo, con cinabrio como mena.

7.1.1.4. Plomo

Poco puede decirse acerca de esta sustancia, al haberse recopilado tan solo un indicio, en el valle del río Lanz, de morfología desconocida y galena como mena. Al igual que en el caso de otros minerales metálicos, su génesis parece relacionarse con filones de cuarzo de origen hidrotermal.

7.1.1.5. Wolframio

Se trata de una sustancia de la que no se tiene constancia de aprovechamiento presente o pasado, en Navarra. Presenta un indicio, en el valle del río Lanz, relacionado con un indicio de mercurio. Las mineralizaciones se presentan bajo la forma de scheelita, relacionándose posiblemente con filones de cuarzo encajados en rocas paleozoicas y, tal vez, triásicas.

7.1.2. Minerales y rocas industriales

Pertenece a este grupo las explotaciones abandonadas de caliza, caolín y magnesita.

7.1.2.1. Caliza

Se ha reconocido tan solo una cantera abandonada en las proximidades de Ventas de Arraiz, cantera que aprovechaba las calizas arrecifales urgonianas en relación con la realización de diversas obras.

7.1.2.2. Caolín

Son cuatro las explotaciones abandonadas de esta sustancia, todas localizadas en las inmediaciones del puerto de Velate. Aunque el material beneficiado ha sido considerado tradicionalmente como caolín, estudios recientes realizados por el GOBIERNO DE NAVARRA, han señalado que en realidad se trata de una asociación de pirofilita (11-29%) y clorita (62-64%), fundamentalmente.

Aparece relacionado con la descomposición de los feldespatos de las ofitas, procesos que se desarrollan preferentemente en las zonas de fractura, pudiendo observarse el paso gradual entre la roca sana y las masas de caolín, suponiéndose que se trata de un origen hidrotermal.

7.1.2.3. Magnesita

Se incluye en este apartado una cantera abandonada, ubicada en los niveles carbonatados del Muschelkalk, en el sector del puerto de Velate, pudiendo señalarse la inclusión de dos concesiones (Arteyoa y Picuda) localizadas en terrenos carbonífero del macizo de Quinto Real. Se trata de una de las sustancias más destacadas dentro del sector mínimo navarro, habiéndose llevado a cabo desde hace algunas décadas numerosos trabajos respecto a su génesis y posibilidades de explotación, no en vano la explotación de Eugui, próxima a la zona, posee una extraordinaria envergadura.

Las concesiones aludidas se encuentran relacionadas con el anticlinal en Artesiaga, donde el horizonte de magnesitas, incluido en la Fm. Asturieta de composición esencialmente dolomítica, puede sobrepasar 100 m. La mineralización está constituida fundamentalmente por magnesita y dolomita, con menor proporción de cuarzo, calcita, filosilicatos, pirita y materia orgánica.

Los niveles de magnesita están integrados por cristales blancos y grises alternantes materiales negros carbonosos, que en ocasiones poseen carácter pizarroso. Los cristales de magnesita son incoloros, de formas lenticulares y circulares, cuyo diámetro varía entre 1 y 3 mm. Se disponen con formas empalizadas, configurando suturas estilolíticas, con cristales orientados perpendicularmente a los planos de estratificación. Se interpretan como esteanitas de cristalización diagenética (FONTBOTE, 1.981).

En la cantera del puerto de Velate se han explotado dos series de capas de magnesita, cada una de las cuales posee un espesor cercano a 6 m. La magnesita está formada por cristales romboédricos de color pardo oscuro, con textura sacaroidea gruesa, sin que se observe orientación de la textura; se aprecia una absoluta homogeneidad, con separación neta entre los estratos.

No existe criterio uniforme con respecto a la génesis de la magnesita, entre los diversos autores, habiéndose propuesto su origen sedimentario y diagenético. Los modelos más recientes señalan la existencia de cinco etapas de formación: 1)Proceso de dolomitización sindiagenética por concentración temprana de Mg en la sedimentación de dolomita e hidromagnesita en una plataforma epicontinental; 2)Formación de magnesitas rítmicas listadas diagenéticamente por circulación lateral de soluciones salinas, con dolomitización progresiva y magnesitización; 3)Compactación final con pérdida de volúmen y desarrollo de estilolitos subparalelos; 4) Deformación y metamorfismo de grado bajo o muy bajo, con removilizaciones en el depósito y zonas circundantes, y 5) Removilizaciones posteriores relacionadas con las fallas en dirección E-O, reactivadas durante las fases alpinas.

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. Por ejemplo, la caliza constituye una de las sustancias de mayor interés actualmente, existiendo importantes afloramientos en la Hoja; de ellos, destacan por su extensión y accesibilidad las calizas y dolomías mesozóicas, cuya aplicación más inmediata son los áridos empleados para diversos tipos de obras públicas, sin olvidar el posible uso ornamental de algunas masas de calizas arrecifales cretácicas.

Las dolomías, con representación entre los materiales carboníferos, triásicos y cretácicos, poseen en la actualidad múltiples aprovechamientos entre los que cabe destacar los relativos a los campos de la construcción y de las industrias metalúrgicas, química y agrícola.

Pese a que las margas son una litología de gran superficie de afloramiento e importantes aplicaciones, no parecen presentar un futuro económico prometedor, al intercalarse numerosas litologías y al existir otras zonas de mayor favorabilidad en la región.

La envergadura de la explotación de magnesita de Azcárate (Eugui), situada próxima al límite suroriental de la Hoja, hace pensar en el posible interés futuro relativo al "horizonte de magnesita" de la Fm. Asturieta, siempre y cuando no existan variaciones relevantes en el mercado de dicha sustancia empleada fundamentalmente como refractaria, tanto en el campo de la siderurgia como en el de la construcción, y como fertilizante. En este sentido, el sector más favorable en principio, parece el anticlinal de Artesiaga, donde los materiales namurienses presentan una estructura semejante a la del anticlinal de Astureta, donde se encuentra la cantera de Azcárate, así como una accesibilidad aceptable.

Designando como mármol cualquier roca carbonatada de interés ornamental, existirán ciertas posibilidades futuras relacionadas con las calizas urgonianas principalmente. No debe olvidarse en cualquier caso, que en la región existen canteras que aprovechan materiales carbonatados con fines ornamentales cuando la roca extraída presenta condiciones idóneas, y como áridos cuando el grado de fracturación o

alteración no permite la aplicación anterior. Una de dichas canteras denominada Aerichuri, se localiza en las inmediaciones de la Hoja, concretamente en Almandoz.

No deja de ser llamativa la ausencia de canteras activas en las extensas masas ofíticas, aunque la pasada obtención de caolín en ellas, da buena idea de su grado de alteración, principal inconveniente para su aprovechamiento. En cualquier caso, el interés existente actualmente en relación con las ofitas, especialmente relativo a obras públicas, parece sugerir un posible aprovechamiento próximo, si se consiguiese vencer el obstáculo supuesto por la alteración.

7.2. HIDROGEOLOGÍA

7.2.1. Introducción

La hoja a escala 1:25.000 de Alkotz (Sumbilla IV), comprende una zona de relieve muy abrupto, caracterizado por la presencia del macizo de Quinto del Real en el sector oriental y la depresión interna en el resto. La zona de estudio presenta diferencias de altitud muy acusadas, por lo que las pendientes son pronunciadas y la escorrentía elevada.

Desde el punto de vista hidrológico, en la zona de estudio se sitúa la divisoria hidrográfica entre las cuencas Norte y Ebro, así pues el tercio septentrional de la Hoja vierte a la subcuenca del Bidasoa, mientras que el resto de los cursos fluviales pertenecen a la subcuenca del río Ulzama.

7.2.2. Descripción hidrogeológica

En la hoja a escala 1:25.000 de Alkotz (90-IV), se han distinguido aquellas formaciones que por sus características hidrogeológicas, son susceptibles de desarrollar acuíferos. Entre los niveles acuíferos destacados se han considerado dos categorías, acuíferos principales y secundarios, según las características de los materiales constituyentes y de sus parámetros hidrogeológicos.

Como acuíferos principales se consideran las formaciones con permeabilidad media-alta cuya potencia y extensión permite desarrollar buenos acuíferos ya sean detríticos o cársticos, los acuíferos secundarios engloban formaciones con permeabilidad menor

o muy variable o bien aquellos materiales que presentan buenas condiciones por sus parámetros hidrogeológicos pero de escaso desarrollo y por tanto interés local.

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

Acuíferos principales:

Lías Inferior

Aptiense-Albiense

Acuíferos secundarios:

Acuíferos paleozoicos (Devónico sup. y Carbonífero)

Buntsandstein-Muschelkalk

Depósitos cuaternarios

ACUÍFEROS PRINCIPALES

Lías Inferior

Los materiales jurásicos del Lías inferior están representados en el cuadrante superior occidental de la hoja de Alkutz, su superficie de afloramiento es muy reducida, en forma de bandas delgadas y plegadas, aisladas por materiales impermeables.

El nivel destacado por sus características y propiedades hidrodinámicas, está compuesto por dolomías y brechas calcáreas dispuestas indistintamente sobre las arcillas yesíferas del Keuper y las masas ofíticas todas ellas de carácter impermeable. Los materiales carbonatados se encuentran carstificados y fisurados lo cual facilita la circulación de agua subterránea. En los sectores en que el material acuífero no aflora se encuentra confinado por las margas y calizas del denominado "Lías margoso".

7.2.2.1. Aptiense-Albiense inferior.

Se encuentra integrado por numerosos afloramientos dispersos en la mitad occidental de la Hoja. Como en el caso anterior, los niveles se encuentran dispuestos en delgadas bandas cubiertas por materiales de muy baja permeabilidad. Se producen varias surgencias que drenan los recursos subterráneos de estos niveles, aunque en general, no son de gran entidad a pesar de las buenas condiciones hidrodinámicas que presentan estos materiales.

La serie está formada por calizas bioconstruidas correlacionables con el “Complejo Urganiano” y relacionadas con estructuras anticlinales, incluidas en un conjunto esencialmente margoso. Se incluyen también en este conjunto acuífero los materiales permeables del Albiense-Cenomanense inferior, constituidos por niveles de calizas similares a las descritas para el nivel Albiense-Aptiense que incluso pueden confundirse con ellas. En conjunto, la serie presenta un alto grado de carstificación y fracturación, por lo que la permeabilidad es elevada.

ACUÍFEROS SECUNDARIOS

7.2.2.2. Acuíferos aislados del Paleozoico (Devónico sup. y Carbonífero)

Devónico superior. Frasnense: desde el punto de vista hidrogeológico, cabe destacar la formación Picuda que aflora ampliamente en estrechas bandas en el sector nororiental de la Hoja, en el Monte Picuda. Está constituido por un conjunto de calizas y calizas glandulares recristalizadas con una potencia inferior a 50 metros. La importancia hidrogeológica de estos niveles se reduce por el elevado grado de recristalización y el limitado espesor de la serie, por lo que las escasas surgencias que drenan estos niveles aportan pequeños caudales específicos.

Carbonífero: Se incluyen los materiales calcáreos correspondientes a las formaciones Zurián, dolomías de Ochaverri y Asturreta. En conjunto se trata de calizas y dolomías, en ocasiones intensamente recristalizadas, con un espesor muy variable. Los afloramientos calcáreos del Carbonífero son muy numerosos en la mitad oriental de la hoja de Alkutz.

En general, estos niveles paleozoicos presentan un elevado grado de recristalización 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.

7.2.2.3. Buntsandstein-Muschelkalk

El conjunto triásico está ampliamente representado en la zona de estudio, aflorando alrededor de los materiales paleozoicos del macizo de Quinto Real. Dentro de los tres grupos clásicos en que se ha dividido el Trías, destacan los materiales del Buntsandstein y Muschelkalk por sus características hidrogeológicas.

El Buntsandstein está representado por un conjunto detrítico, muy extendido en el ámbito de la hoja de Alkotz, que en la base tiene un claro predominio conglomerático sobre el que descansa un potente nivel arenoso que hacia techo va disminuyendo de granulometría hasta culminar en facies arcillosas. La permeabilidad, por porosidad intergranular, disminuye por tanto hacia el techo de la serie. La potencia total de este nivel puede alcanzar los 500 metros.

El Muschelkalk está constituido por una sucesión de calizas y dolomías tableadas permeables por fisuración y carstificación, con un espesor aproximado de 70 metros. Dentro del conjunto aparecen intercalados niveles arcillosos que pueden impedir la comunicación hidráulica de los recursos subterráneos.

7.2.2.4. Depósitos cuaternarios

Los depósitos cuaternarios destacados por sus parámetros hidráulicos favorables, se localizan principalmente en el vértice occidental de la Hoja, en relación con los arroyos y barrancos que vierten sus aguas al río Ulzama.

La litología predominante de estos niveles básicamente es de cantos, gravas, arenas y arcillas, constituyendo depósitos poco homogéneos, por lo que la permeabilidad es muy variable.

7.2.3. Características hidrogeológicas

En la zona de estudio existen numerosas surgencias, que en la mayoría de los casos se realizan en el contacto entre materiales de distinta permeabilidad. En los materiales detríticos del Buntsandstein, se localizan importantes puntos de descarga de este acuífero, como la que alimenta el curso del arroyo Sastra o el manantial de Biureta, entre otros. Además, en las terrazas y aluviales cuaternarios desarrollados a favor de la red fluvial, se localizan captaciones de escasa importancia que no suelen superar los 8 metros de profundidad.

En los materiales paleozoicos del macizo Quinto del Real, se localizan algunas surgencias dispersas con caudales variables que no suelen superar los 3 l/s, aunque pueden presentar incrementos estacionales como ocurre en los manantiales de Basamorro, Bortazar o Zenduriz.

La recarga del sistema de acuíferos se realiza a partir de la infiltración directa del agua de lluvia, y la descarga por flujo directo a los ríos y mediante los numerosos manantiales que surgen en los contactos entre materiales acuíferos y otros de menor permeabilidad.

A continuación se relacionan algunas de las principales surgencias de los niveles acuíferos, junto con su denominación, situación geográfica, caudal y fecha de medida del mismo.

Nº	Denominación	Acuífero	Coordenadas		Caudal (l/s)	Fecha
			UTM X	UTM Y		
90-7-01	Arrotante	Cuaternario	608232	4771064	12,0	11/04/79
90-7-05	Arabe	Aptiense-Albiense.	607840	4767398	3,5	13/01/73
90-7-06	Zaldain	Aptiense-Albiense.	609824	4767077	4,6	13/01/73
90-7-07	Arpechar	Buntsandstein	613600	4767611	1,8	8/05/79
90-7-09	Urbimcho	Buntsandstein	611706	4765462	1,5	20/05/78
90-7-12	Tellegui Kolarri	Buntsandstein	612499	4765737	1,6	13/01/73

90-7-13	Astoiz	Aptiense-Albiense.	607950	4763037	5,7	16/05/78
90-7-14	Usillaga	Aptiense-Albiense.	610209	4764442	8,5	16/05/78
90-7-16	Arizerte	Buntsandstein	613823	4763225	60,0	3/03/82
90-8-01	Sastra	Buntsandstein	614266	4768970	215,0	3/03/82
90-8-02	Zokoa IV	Devónico sup.	617682	4770554	3,8	8/08/77
90-8-04	Zokoa VIII	Carbonífero	617602	4768744	2,0	8/08/77
90-8-05	Zokoa IX	Devónico sup	618204	4768282	18,0	3/03/82
90-8-06	Zokoa X	Carbonífero	617894	4768532	3,1	8/08/77
90-8-10	Bazlo I	Buntsandstein	614705	4762006	22,0	3/03/82
90-8-11	Pista de Sauan	Cuaternario	620183	4762466	8,6	9/08/77

La característica principal de las aguas subterráneas en los acuíferos carbonatados es su uniformidad, presentando facies química dominante bicarbonatada cálcica, dureza media y mineralización ligera. Ocasionalmente la circulación de agua subterránea toma contacto con materiales evaporíticos como los de facies Keuper, que puede provocar un aumento del contenido en sales. En la hoja escala 1:25.000 de Alkotz, existen tres puntos de control de la calidad química de los recursos subterráneos, estos puntos corresponden a los manantiales de Biurieta y Bazlo I que drenan los acuíferos del Buntsandstein y el manantial de Zocoa IV, relacionado con los niveles permeables del Devónico superior, en estos puntos se realiza un seguimiento y control periódico de la calidad de los recursos subterráneos.