



MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición



NAVAS DE ORO

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

NAVAS DE ORO

Ninguna parte de este libro y mapa puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluido fotocopias, grabación o por cualquier sistema de almacenar información sin el previo permiso escrito del autor y editor.

© INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M. 55613-2007
ISBN: 978-84-7840-661-6
NIPO: 657-07-007-X

Fotocomposición: I.M.G. Impresión Gráfica
Impresión: I.M.G. Impresión Gráfica

La presente Hoja y Memoria ha sido realizada por la Empresa **I.N.I. Medio Ambiente (INIMA)**, dentro de la **UNION TEMPORAL DE EMPRESAS (U.T.E) INYPSA-INIMA**, habiendo intervenido los siguientes técnicos.

DIRECCIÓN Y SUPERVISIÓN

L. R. Rodríguez Fernández (IGME)

JEFE DE PROYECTO

F. López Olmedo (INYPSA)

AUTORES DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA Y MEMORIA

A. Lendínez González (INIMA)

J.L. Muñoz del Real (INIMA)

P. Cabra Gil (INIMA)

COLABORADORES

A. Carvajal Menéndez (INIMA). Descripción de rocas metamórficas y plutónicas.

F. Bea y P.G. Montero (UNIV. de GRANADA). Descripción geoquímica de los granitoides.

A. Díez Montes (INIMA). Petrología de rocas metamórficas y plutónicas.

L. Granados Granados. Micropaleontología.

E.N. ADARO. Laboratorios.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Se pone en conocimiento del lector, que en el Centro de Documentación del IGME, existe para su consulta una información complementaria de ésta Hoja y Memoria, constituida por:

Muestras y sus correspondientes preparaciones

Fichas de situación de muestras.

Fichas petrológicas y paleontológicas

Álbum fotográfico, etc.

Í N D I C E

0.- INTRODUCCIÓN	8
0.1.- CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS	9
0.2.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	9
0.3.- ANTECEDENTES	13
1.- ESTRATIGRAFÍA	15
1.1.- PRECÁMBRICO SUPERIOR-PALEOZOICO	16
1.1.1.- Rocas metamórficas	17
1.1.1.1.- Ortogneises glandulares. (2) Precámbrico.....	18
1.1.1.2.- Esquistos, metarenitas, pizarras y cuarcitas. "Capas de Santa Maria" (3). "Complejo Esquisto-Grauwaquico". Precámbrico superior-Cámbrico inferior.....	19
1.1.1.3.- Alternancia de cuarcitas y pizarras (4). "Capas de Domingo García". Ordovícico inferior	20
1.1.2.- Rocas ígneas hercínicas	21
1.1.2.1.- Monzogranitos (Adamellitas) (1). Carbonífero inferior?	22
1.2.- MESOZOICO	23
1.2.1.- Fm. Arenas y arcillas de Segovia (5). Turoniense sup.?-Coniaciense	23
1.2.2.- Dolomías y margas (6). Formación Dolomías tableadas de Caballar. Coniaciense	24
1.2.3.- Dolomías y areniscas dolomíticas. Niveles esporádicos de margas (7). Formación Calizas y dolomías de Castrojimeno. Coniaciense-Santonense.	26
1.3.- Terciario	27
1.3.1.- Mioceno	28
1.3.1.1.- Arenas arcósicas, areniscas, arcillas, limos y niveles de brechas y conglomerados (8). Mioceno medio. Orleanense-Astaraciense	29
1.3.1.2.- Arenas, areniscas y niveles arcillosos (9). Mioceno medio. Orleanense-Astaraciense	30
1.3.1.3.- Margas arenosas grises y verdes con nódulos carbonatados y calizas finas (10). Mioceno medio. Orleanense superior-Astaraciense	30
1.3.1.4.- Calizas y margas (11). Mioceno superior. Vallesiense.....	32

1.4.- CUATERNARIO	32
1.4.1.- Arenas, arenas arcóscas y gravas de cuarzo. Superficie de Coca - Arévalo (12). Pleistoceno	33
1.4.2.- Arenas, gravas y limos. Terrazas (13). Pleistoceno	33
1.4.3.- Arenas eólicas. Manto eólico, campos de dunas y cordones dunares (14, 15 y 19)	33
1.4.4.- Limos y arenas con cantos y bloques. Coluviones (16). Holoceno	34
1.4.5.- Arenas y limos arcillosos con gravas de cuarcita y cuarzo. Fondos de valle (18) y Conos de deyección (17). Holoceno	34
1.4.6.- Arenas, limos, arcillas y materia orgánica. Fondos endorreicos (20). Holoceno	34
1.4.7.- Meandros abandonados. Arenas y limos (21). Holoceno	35
2.- TECTÓNICA	35
2.1.- LA DEFORMACIÓN HERCÍNICA	36
2.2.- LA DEFORMACIÓN ALPINA	37
2.2.1.- Deformaciones neógenas	39
2.3.- EVOLUCIÓN TECTOSEDIMENTARIA	40
3.- GEOMORFOLOGÍA	43
3.1.- DESCRIPCIÓN FISOGRÁFICA	43
3.2.- ANTECEDENTES	44
3.3.- ANÁLISIS MORFOLÓGICO	44
3.3.1.- Estudio morfoestructural	44
3.3.2.- Estudio del modelado	46
3.3.2.1.- Formas eólicas	46
3.3.2.2.- Formas fluviales	47
3.3.2.3.- Formas de ladera	48
3.3.2.4.- Formas lacustres	48
3.3.2.5.- Formas poligénicas	48
3.3.3.- Formaciones superficiales	49
3.4.- EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA	51
3.5.- DINÁMICA ACTUAL Y SUBACTUAL. TENDENCIAS FUTURAS	52
4.- PETROLOGÍA	52
4.1.- DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES	52
4.1.1.- Rocas metamórficas	53
4.1.1.1.- Ortogneises glandulares	53
4.1.1.2.- Metasedimentos con masas de gneises glandulares	54
4.1.1.3.- Rocas plutónicas hercínicas	55
4.2.- GEOQUÍMICA	55
4.2.1.- Rocas metamórficas	56
4.2.2.- Rocas plutónicas hercínicas	56
4.3.- CARACTERÍSTICAS DEL METAMORFISMO	58
4.4.- PETROGÉNESIS	60
4.5.- GEOCRONOLOGÍA	60

5.- HISTORIA GEOLÓGICA	60
6.- GEOLOGÍA ECONÓMICA	67
6.1.- MINERÍA Y CANTERAS	67
6.2.- HIDROGEOLOGÍA	68
6.2.1.- Características hidrológicas	68
6.2.2.- Características hidrogeológicas	69
6.3.- CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES	74
6.3.1.- Síntesis geotécnica	74
6.3.1.1.- Criterios de división	74
6.3.1.2.- División de Áreas y Zonas geotécnicas	75
6.3.1.3.- Descripción de Áreas y Zonas geotécnicas	76
7.- PATRIMONIO NATURAL GEOLÓGICO	82
7.1.- DESCRIPCIÓN Y TIPO DE INTERÉS DE LOS PI.G.	83
7.2.- CRITERIOS METODOLÓGICOS DE SELECCIÓN	83
8.- BIBLIOGRAFÍA	85

0. INTRODUCCIÓN

La Hoja de Navas de Oro N° 429 (17-17) se encuentra situada en la zona central de la Península Ibérica, concretamente en la submeseta septentrional y al sur del centro geográfico de la Cuenca del Duero (Fig. 0.1).

Administrativamente pertenece a la Comunidad Autónoma de Castilla y León, y en concreto a los ámbitos provinciales de Segovia y Valladolid. La demografía es de media a baja, encontrándose la población repartida en una quincena de municipios, entre los que destacan Navas de Oro y los situados a lo largo de la carretera nacional C.N. 601, como son Navalmanzano, Pinarejos y Sanchonuño. Otros de menor importancia son Samboal, Gomezserracín, Narros de Cuéllar, Campo de Cuéllar, etc.

Los recursos de la región son eminentemente agrícolas, ganaderos (ovino) y sobre todo forestales (pinares), estos últimos de gran importancia en la práctica totalidad de la Hoja. De ésta riqueza forestal se deben de extraer dos aspectos fundamentales que son: el que se refiere a la explotación de la madera y el que se refiere a la explotación de la resina. Este último aspecto se encuentra en franco retroceso.

Los cultivos más generalizados son los cereales, algo la vid y últimamente los destinados a regadío (alfalfa y hortalizas).

En la realización de la cartografía geológica se ha seguido la metodología clásica en éste tipo de investigaciones geológicas. En primer lugar un control fotogeológico del área y Hoja, destacando los aspectos más idóneos para la interpretación estratigráfica y estructural de las diferentes formaciones litológicas.

Para la caracterización estratigráfica de las formaciones se han efectuado, en aquellos lugares donde ha sido posible, toma de datos y secciones detalladas en campo, así como sus respectivos análisis petrológicos y paleontológicos en laboratorio. Se han realizado análisis de las diferentes formaciones metamórficas y plutónicas que aparecen en la Hoja, así como los distintos análisis sedimentológicos de las formaciones sedimentarias reconocidas, haciendo especial hincapié en los sedimentos mesozoicos (Cretácico).

En el apartado de tectónica, se han analizado los elementos geométricos que informan de los movimientos locales a lo largo de la historia geológica, encajándolos posteriormente en un modelo de dinámica regional.

Acompañando a éste conjunto de información, se ha confeccionado otros mapas a escala 1:50.000 referentes a temas concretos como es la Geomorfología.

Por otra parte, dentro de ésta Memoria, se incluyen capítulos referentes a las características económicas (Minería, Canteras, Hidrogeología, Geotecnia, etc.), así como un pequeño capítulo referente al Patrimonio Natural Geológico, destacando los Puntos de Interés Geológico (P.I.G.) que se han considerado dentro de la Hoja.

0.1. CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS

La fisiografía de la región se caracteriza por un relieve poco accidentado. Toda la Hoja, a excepción de las proximidades de los cursos fluviales y del alto de San Cebrián, en la margen oriental de la Hoja, es una extensa planicie con una suave pendiente hacia el NO.

La cota más alta corresponde con el alto en donde se sitúa la ermita en ruinas de San Cebrián con 917 m, siendo al cota más baja la localizada en el ángulo NO de la Hoja y por debajo de los 750 m.

Los elementos geográficos más destacados en la Hoja corresponden con los valles en forma de artesa por donde discurren los cursos fluviales de los ríos Eresma, Pirón y Cega, así como las extensas llanuras cubiertas en su mayor parte por grandes acumulaciones de dunas eólicas, que con frecuencia constituyen elevaciones superiores a la veintena de metros.

Estas a su vez se encuentran protegidas por una importante masa forestal (pinares).

La red fluvial pertenece íntegramente a la Cuenca del Duero, y tiene como cursos principales a los ríos Eresma, Pirón y Cega, éste último tan solo recorre un pequeño trecho por el ángulo NE de la Hoja. Los ríos Eresma y Pirón, de trazados paralelos, dejan a su paso estrechos y profundos valles en forma de artesa, con márgenes escarpadas y poco estables.

Por lo que se refiere a comunicaciones, la Hoja presenta un buen entramado de ellas. La principal vía corresponde con la C.N. 601, que recorre la Hoja de Sur a Norte. A su vez existe una amplia red secundaria que comunica los diferentes municipios que aparecen dentro del marco reseñado. Otro aspecto importante a destacar, en éste apartado, es la densa red de pistas existentes a lo largo y ancho de la masa forestal que cubre la Hoja.

0.2.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

Dentro del contexto geológico de la Depresión del Duero (Fig. 0.1), la Hoja de Navas de Oro se ubica al norte y oeste de los relieves paleozoicos y mesozoicos de los macizos de Santa María la Real de Nieva y de la Sierra de Honrubia-Pradales, y en la que, orlando a estos aparecen materiales, de ámbito continental, pertenecientes al Terciario y Cuaternario, con una relativa calidad en sus afloramientos. También destacan pequeñas áreas en las que afloran materiales detríticos y carbonatados del Cretácico superior así como materiales hercínicos, de origen ígneo y metamórfico, estos últimos pertenecientes a los macizos reseñados anteriormente.

Los materiales hercínicos que afloran en la Hoja de Navas de Oro pertenecen a las estribaciones nororientales del macizo metamórfico de Santa María la Real de Nieva y a las estribaciones suroccidentales del macizo plutónico de Zarzuela del Pinar. Estos, afloran a favor de un "Horts" alpino, alargado según la dirección NE-SO. Dentro de estos materiales se distinguen dos conjuntos de rocas: A) Un conjunto de rocas ígneas que afloran en el borde oriental y que se adentra en la vecina Hoja de Cantalejo (nº 430). B) Un conjunto de rocas metamórficas, en su mayor parte de alto grado de metamorfismo (gneises grandulares de San Cebrián), y de grado medio a bajo (metasedimentos), que afloran en el cuadrante suroriental de la Hoja y que tienen su mayor desarrollo en la vecina Hoja de Nava de La Asunción (nº 456).

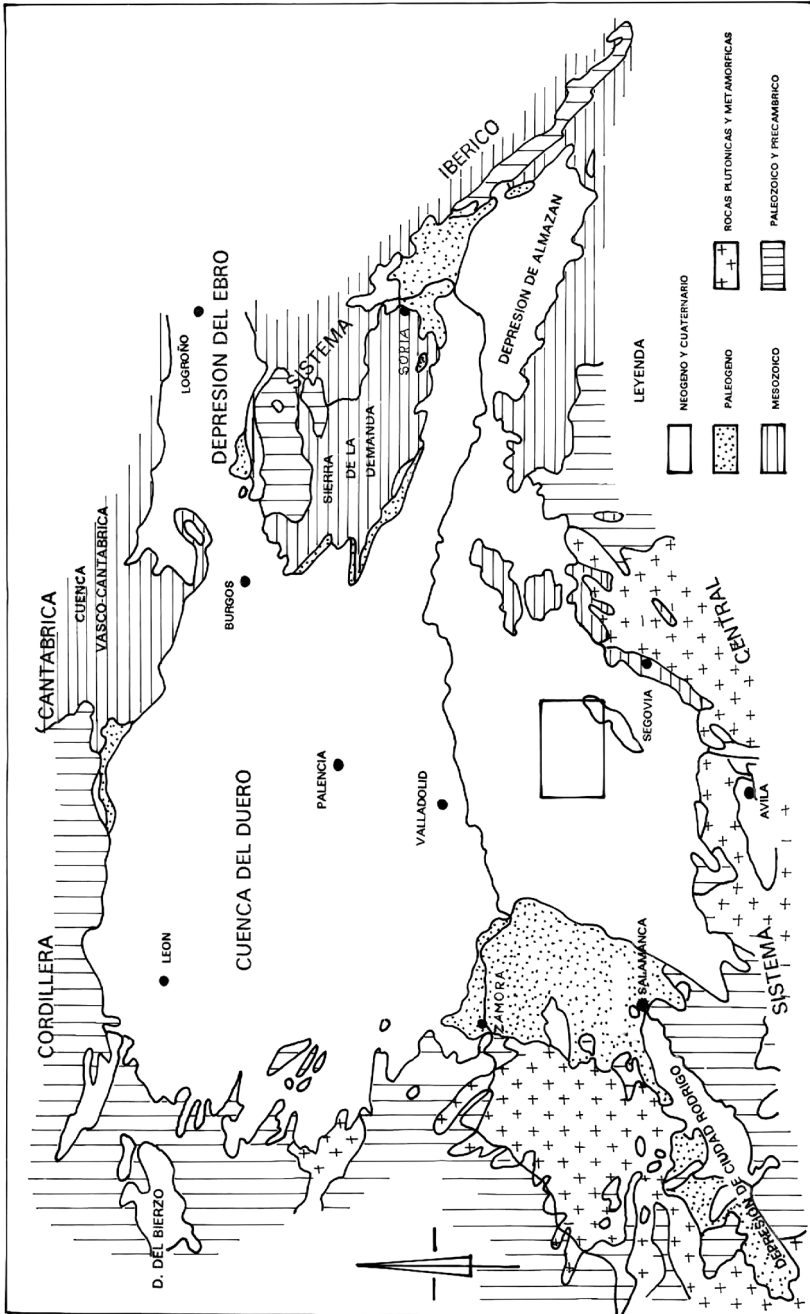


Figura 0.1. Esquema de situación de la Hoja de Navas de Oro en el contexto geológico de la Cuenca del Duero.

En lo que se refiere a las características estratigráficas de los metasedimentos, permiten incluirlos dentro de la Zona Galaico-Castellana de LOTZE (1.945), o bien en la Zona Centro-Ibérica de JULLIVERT et al (1.972) (Fig 0.2). Estos materiales se caracterizan por la presencia de gneises precámbricos tipo "Olla de Sapo" y similares y/o una serie pizarrosa muy potente denominada como "Complejo Esquisto-Grauwaquico" de edad Precámbrico-Cámbrico inferior, sobre la que reposa discordante y con carácter transgresivo el Ordovícico inferior con conglomerados en la base.

El Macizo de Santa María la Real de Nieva, que se sitúa dentro de las hojas de Nava de la Asunción (nº 456) y Navas de Oro (nº 429), no se encuentra incluido en las referencias de BELLIDO et al (1.981) y CAPOTE et al (1.983), los cuales subdividen el Sistema Central en tres grandes complejos estructurales que de O a E, corresponden con el "Complejo de Gredos", "Complejo de Guadarrama" y "Complejo de Somosierra-Ayllón". No incluyen en sus esquemas generales el Macizo de Santa María la Real de Nieva. No obstante podremos situar este macizo dentro del "Complejo de Guadarrama" en función de los límites definidos por estos autores.

La Orogenia Hercínica fundamentalmente y la Orogenia Alpina después, son las responsables de los principales eventos metamórficos y tectónicos que afectan a los materiales anteriormente citados, diferenciándose varias fases de deformación con las consiguientes superposiciones de estructuras.

Los sedimentos mesozoicos más antiguos que aparecen en la Hoja corresponden al Cretácico superior. Se localizan al Sur del Alto de San Cebrián y tienen continuidad lateral en la Hoja de Cantalejo, en donde se encuentran mejor expuestos. Afloran, casi siempre, orlando los materiales ígneos y metamórficos, apoyándose discordantemente sobre ellos. Son sedimentos de naturaleza siliciclástica y arcillosa en la base carbonatada en las partes medias y superiores de la serie. Se distribuyen según ALONSO et al (1.982) en diferentes formaciones litoestratigráficas que son descritas en el capítulo de Estratigrafía de ésta Memoria.

Por encima de los materiales mesozoicos, ígneos y metamórficos, existe una gruesa "capa" de materiales detríticos pertenecientes al Terciario y al Cuaternario. Dentro de la Hoja, y en concreto en lo referente a los sedimentos de edad terciaria, solo se ha podido reconocer materiales neógenos, de naturaleza generalmente arcósica y arenosa, de tonalidades ocre, salmón y blancos. Estos sedimentos se apoyan sobre el sustrato mesozoico y paleozoico, mediante discordancias angulares y erosivas y pertenecen a sedimentos de edad Mioceno medio-superior (Orleaniense-Vallesiense).

Dentro de la composición litológica de las formaciones neógenas, se observan dos tipos de facies, ambas influenciadas por el área fuente de las que proceden: Se distinguen dos áreas fuente que suministran materiales a la cuenca neógena. La primera de ellas es la constituida por los materiales cámbrico-ordovícicos que proporcionan materiales de naturaleza arcósica, y en los que es frecuente observar bolos y clastos de naturaleza cuarcítica. La otra área suministradora corresponde con el Macizo de Guadarrama, que proporciona extensos abanicos de materiales arenosos (litoarenitas). Ambos conjuntos litológicos son reconocibles en los bordes meridional y oriental de la Hoja. Por otra parte y en las proximidades de los límites septentrional y occidental, entre los sedimentos litoareníticos y arcósicos, aparecen niveles de margas grises muy arenosas con alto contenido en restos de moluscos y una rica fauna de ostrácodos.

El Cuaternario se encuentra representado por formaciones de origen fluvial y sobre todo eólico.

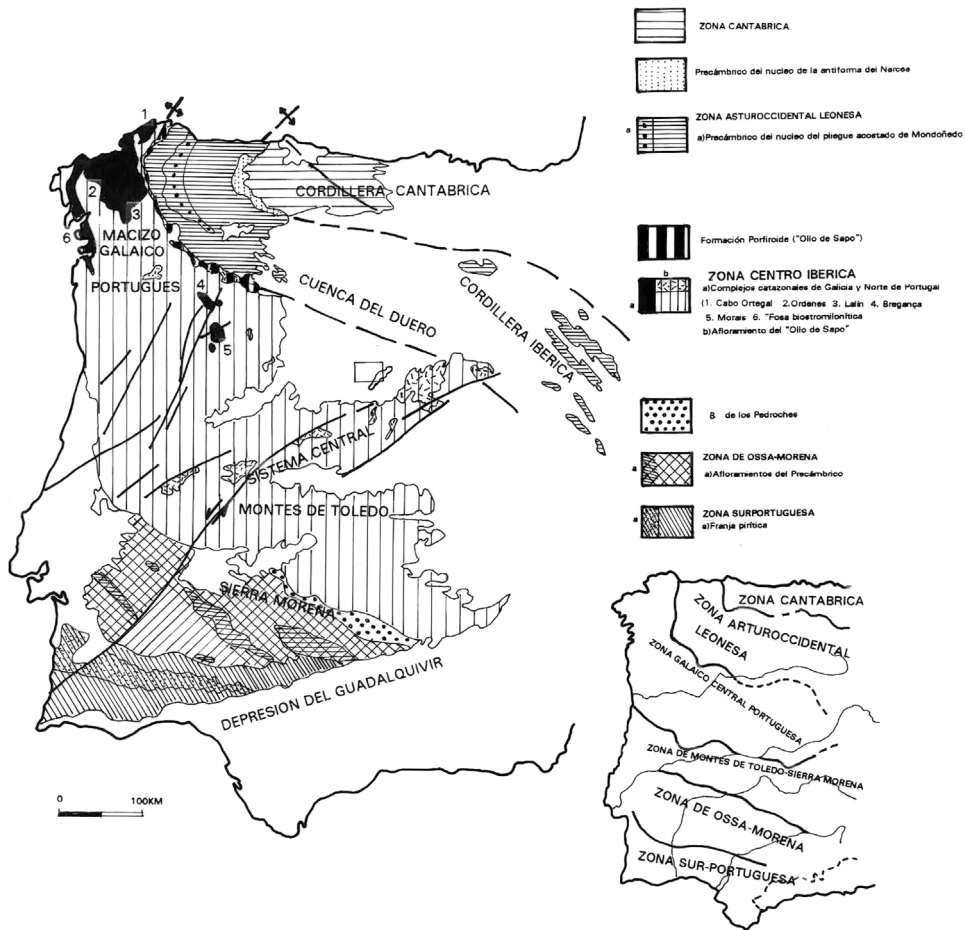


Figura 0.2. División en Zonas del Macizo Ibérico, según JULIVERT et al., (1972) y división original de LOTZE (1945) (parte inferior derecha).

Los primeros se ubican en las proximidades de los cauces actuales, en forma de terrazas y depósitos de llanura de inundación. Los segundos adquieren una relevante importancia, ya que algo más del 50% de la extensión de la Hoja se encuentra cubierta por "campos de dunas eólicas" y "manto eólico".

Desde el punto de vista estructural la Cuenca del Duero, en la que se ubica la Hoja de Navas de Oro, presenta una geometría asimétrica debida al comportamiento geodinámico de sus bordes (ALONSO et al. 1.982), constatándose en ella la existencia de fracturas de gran salto que condicionan subsidencias importantes, como es el caso de los bordes septentrional o meridional en las

proximidades del Sistema Central. Los márgenes SE y O experimentan subsidencias a favor de sistemas de fallas que produjeron un escalonamiento en bloques, mientras que el borde norte se corresponde con el cabalgamiento de la Cordillera Cantábrica. En consecuencia el fondo de la Cuenca se hunde progresivamente hacia el Norte y Este, donde se registran los mayores espesores y acúmulos de sedimentos.

La estructuración y relleno de la Cuenca del Duero es en términos generales bastante compleja. A finales del Cretácico y principios del Terciario presenta una configuración muy diferente de la actual, siendo durante el Neógeno cuando adquiere una morfología semejante a la que hoy día presenta.

Aspectos tales como la intensa penillanurización, el encajamiento paulatino de los cursos fluviales actuales y la abundancia de depósitos de éste origen, que de forma escalonada se desarrollan en sus márgenes, así como la abundancia de superficies estructurales y de erosión, junto con una importante acumulación de sedimentos de origen eólico, dan a la cuenca características geomorfológicas propias de gran relevancia en la actualidad y que posteriormente se explica en esta Memoria y dentro del capítulo de Geomorfología.

0.3. ANTECEDENTES

Dos son los aspectos a tratar en éste apartado. El primero el referido al estudio de las formaciones graníticas y metamórficas de la región y el segundo el estudio de los materiales sedimentarios que rellenan la Cuenca del Duero.

En el primer aspecto, la revisión y/o estudio más actualizado, aunque esquemático, sobre el conocimiento geológico del Sistema Central, lo realizan BELLIDO et al (1.981), aunque existen trabajos anteriores de síntesis como los de BARD et al (1.970) y CAPOTE y VEGAS (1.968) que se ocupan de los afloramientos metamórficos de la Provincia de Ávila.

Por lo que se refiere a la estratigrafía de los metasedimentos del Sistema Central, son tratados por CAPOTE y FERNÁNDEZ CASALS (1.975), CAPOTE et al (1.977) y FERNÁNDEZ CASALS y GUTIÉRREZ MARCO (1.985).

Desde el punto de vista estructural existen numerosos trabajos, entre los más destacados cabe señalar los de CAPOTE et al (1.981), UBANELL (1.981), CAPOTE et al (1.982) y CAPOTE (1.983 y 1.985).

El primer trabajo general sobre los granitoides se remonta a APARICIO et al (1.975), en él presentan un mapa en el que se refleja la cartografía de los granitoides de la Sierra de Guadarrama. Por lo que se refiere al aspecto geoquímico de estos materiales, destacan los trabajos de BARRERA et al (1.981), APARICIO et al (1.983) y finalmente el de VILLASECA (1.985), los cuales realizan una revisión del conocimiento actual de los granitos desde el punto de vista petrogenético. El estudio de los ortogneises glandulares lo realiza con anterioridad y de forma global NAVIDAD (1.978, 1.979) y PEINADO (1.985).

Los estudios en los que se puede encontrar datos relacionados con la geocronología de las rocas ígneas están realizados por MENDES et al (1.972), VIALETTE et al (1.986), IBARROLA et al (1.988) y otros trabajos que en la actualidad se encuentran en prensa.

Los primeros trabajos que hacen referencia directa a las hojas de Navas de Oro y Nava de la Asunción son los de CORTÁZAR (1.891) y MALLADA (1.896a y b) que citan la presencia de gneises turmaliníferos en los alrededores de Hoyuelos y Zarzuela del Pinar.

ÁLVAREZ (1.982) realiza un estudio de los metasedimentos de todo el Macizo de Santa María la Real de Nieva, en el que describe la situación estratigráfica, atribuyendo los materiales esquistosados inferiores al "Complejo Esquisto-Grauwaquico" y la serie superior, de predominio cuarcítico, al Ordovícico inferior. En éste trabajo se describe un metamorfismo regional de bajo grado para todo el macizo a excepción del sector NE (Hojas de Navas de Oro y Cantalejo). Asimismo describe la estructura en la que se distinguen dos fases principales de deformación, seguidas por un cortejo de fallas tardihercínicas. En ÁLVAREZ et al (1.988) se puede comprobar un estudio referente a las deformaciones tardihercínicas en el Macizo de Santa María la Real de Nieva.

El segundo aspecto trata de la información y conocimientos sobre los materiales de origen sedimentario.

El conocimiento de los materiales cretácicos de la Provincia de Segovia viene desde el siglo pasado con los trabajos de CORTÁZAR (1.891) y FERNÁNDEZ NAVARRO (1.897). Por otra parte y dentro de éste siglo, SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (1.951, 1.952 y 1.955), realizan la primera estratigrafía de una parte del Cretácico, en el norte de la Provincia de Segovia.

El primer trabajo sedimentológico en los materiales del Cretácico de Segovia, lo realiza ALONSO y MAS (1.977) en la Sierra de Pradales, al norte de la provincia. Por otra parte el estudio básico sobre el Cretácico corresponde a ALONSO (1.981) que lo analiza sedimentológicamente y enumera una serie de unidades litoestratigráficas que posteriormente son definidas con rango de formación en el trabajo de ALONSO et al (1.982).

Del Cretácico superior-Paleógeno, se han ocupado numerosos autores de entre los que destacan, por su aspecto paleontológico, los de BUSCALIONI y SANZ (1.987) y SANZ y BUSCALIONI (1.987), los cuales caracterizan los materiales de tránsito entre el Cretácico y el Paleógeno dentro de la Hoja de Valverde del Majano (nº 482).

Los primeros trabajos realizados sobre los materiales terciarios de la región central de la Cuenca del Duero datan de las postrimerías y mediados del siglo pasado, fueron efectuados por ARÁNZAZU (1.877), CORTÁZAR (1.891), CALDERÓN (1.884) y SÁNCHEZ LOZANO (1.884), quienes en líneas generales reconocen tres niveles litológicos dentro del Terciario, correspondiendo de muro a techo, a arcillas, margas-yesíferas y calizas, refiriéndose a la zona central y explican la sedimentación carbonatada por la existencia de grandes lagos.

A principios de siglo HERNÁNDEZ PACHECO (1.915) establece tres horizontes miocenos que han llegado a ser clásicos para el centro de la Cuenca: Tierra de Campos, Margas yesíferas y Calizas de los Páramos. De igual manera aporta datos paleontológicos a cerca del Mioceno de la zona. SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1.946 y 1.953) profundiza a cerca de numerosos estudios geológicos de Castilla La Vieja. Posteriormente AEROSERVICE (1.967) realiza una síntesis de la cartografía geológica a escala 1:250.000 de la Cuenca del Duero. De igual manera C.G.S.-ADARO (1.978) realiza una síntesis a escala 1:200.000.

GARCÍA DEL CURA, A. (1.974 y 1.975) efectúa diversos trabajos con relación a la estratigrafía, sedimentología y mineralogía del Terciario Continental de la Cuenca del Duero en su zona central. Siguiendo con ésta tónica general, PORTERO, J.M. et al (1.979) engloban el Terciario continental de la Cuenca del Duero en un trabajo de síntesis.

Durante los años 1.986, 1.987, 1.988 y 1.989, MEDIAVILLA, R.M y MEDIAVILLA, R.M. et al, efectúan diversos trabajos referentes a las calizas de los páramos y al análisis sedimentológico de los conglomerados del Neógeno de la Depresión del Duero. También ARMENTEROS, I et al (1.982, 1.983 y 1.984) y ARMENTEROS, I (1.978 y 1.986) describen numerosos aspectos estratigráficos y sedimentológicos del Neógeno del Sector suroriental de la Depresión del Duero.

Por último y como información más reciente se dispone de la cartografía a escala 1:50.000 del Proyecto MAGNA, ubicadas en la parte central y meridional de la Cuenca del Duero y de todas ellas merece especial atención las de Cantalejo N° 430 y Cuellar n° 401, ésta última realizada conjuntamente con esta.

En lo que se refiere a la Hoja n° 428 (Olmedo), ha sido de gran utilidad por sus aspectos geomorfológicos y estratigráficos referentes al Cuaternario y finales del Terciario. La Hoja de Nava de la Asunción n° 456, su principal e importantísima utilidad ha sido la caracterización estratigráfica y tectónica del macizo granítico y metamórfico de Santa María La Real de Nieva.

1. ESTRATIGRAFÍA

La Hoja de Navas de Oro, al contrario que las aledañas, no posee una gran variedad estratigráfica. Ello es debido, en gran parte, a la cantidad de sedimentos más o menos recientes que cubre la práctica totalidad de la Hoja. No obstante se han podido diferenciar los siguientes materiales:

- Por una parte, materiales correspondientes a las series preordovícicas (Precámbrico superior-Cámbrico inferior) deformados y metamorfizados durante la Orogenia Hercínica. Estas series se encuentran afectadas por intrusiones graníticas, acaecidas en épocas tardías. Por otra parte, es el representante del zócalo de la región, el cual se encuentra a su vez constituido por rocas orto y paraderivadas. Su mejor afloramiento dentro de la región se sitúa en el denominado Macizo de Santa María La Real de Nieva, cuya disposición y orientación es debida a un gran "horst" de dirección SO-NE, que enlaza a través de la Hoja de Navas de Oro, con el Macizo granítico de Zarzuela del Pinar (Hoja de Cantalejo n° 430).
- Discordante sobre el anterior conjunto se encuentra la serie del Ordovícico inferior, representada por sedimentos escasamente metamorfizados y constituidos por cuarcitas y pizarras alternantes con abundantes estructuras sedimentarias de origen tractivo.
- Por último los restantes materiales lo constituyen los sedimentos de edad Cretácico superior, Neógeno y Cuaternario. Los dos primeros son sedimentos afectados, al parecer, por los movimientos alpinos, y que junto con los materiales de edad cuaternaria forman la cobertera de la región.

En cualquier caso, el rasgo más significativo de la Hoja, así como de sus colindantes tanto por el E como por el O, es la gran extensión de sedimentos cuaternarios de origen eólico, los cuales tapizan la práctica totalidad de la Hoja, enmascarando los materiales subyacentes.

1.1. PRECÁMBRICO SUPERIOR-PALEOZOICO

Se incluyen en este intervalo de tiempo al grupo de rocas de origen plutónico, metamórfico y metasedimentario que cubren y representan el zócalo de la región y cuyos mejores afloramientos se sitúan en la vecina Hoja de Nava de la Asunción (nº 456), así como en parte de la de Cantalejo (nº430), constituyendo el Macizo de Santa María La Real de Nieva.

Dentro de este conjunto, son las rocas metamórficas el tipo petrológico más representativo dentro de la Hoja, aunque su extensión de afloramiento es muy reducido. A este grupo corresponden dos conjuntos claramente diferenciados. Por una parte los metasedimentos del Precámbrico superior-Cámbrico inferior. Y de otra las formaciones ortoderivadas de tipo gnéisico, cuya edad es de difícil atribución, tanto a escala local como regional, pero siempre dentro del intervalo de tiempo que encabeza éste apartado.

En lo que se refiere al primer tipo petrológico, de edad Precámbrico superior-Cámbrico inferior, corresponde a un conjunto heterolítico de variado grado de metamorfismo y definido genéricamente como "Complejo Esquisto-Grauwaquico" a nivel regional y, que tiene su máxima expresión dentro del Macizo de Santa María La Real de Nieva, dentro del cual, se le ha asignado un carácter de formación y/o unidad conocida como "Capas de Santa María".

Esta unidad metasedimentaria se encuentra constituida por esquistos, metarenitas, pizarras y cuarcitas, que a su vez intercalan cuerpos más o menos estratiformes de gneises glandulares, mármoles y anfibolitas.

En la Hoja de Navas de Oro estos metasedimentos tan solo afloran en dos pequeñas áreas. Una en el borde meridional de la Hoja, junto a la carretera de Pinarnegrillo y la segunda al sur y sureste del alto de San Cebrián, en el borde oriental y límite con la Hoja de Cantalejo, siendo su calidad de afloramiento muy deficiente.

El segundo tipo corresponde a las rocas ortoderivadas de tipo gnéisico y que se ubican en los alrededores del alto de San Cebrián, como único afloramiento dentro de la Hoja, y en contacto con el macizo granodiorítico de Zarzuela del Pinar.

En el intervalo de tiempo que se reseña en éste apartado se incluyen también las rocas plutónicas que aparecen exclusivamente al Este del alto de San Cebrián y que tienen su prolongación por la vecina Hoja de Cantalejo, constituyendo el macizo granodiorítico de Zarzuela del Pinar, aflorando en una banda de unos 2 a 3 km de anchura con dirección SO-NE. Corresponden estas rocas plutónicas a granitoides de emplazamiento tardío, con respecto a las principales fases de deformación hercínica. Son de origen intrusivo sobre el conjunto que lo rodea y se encuentran constituidos por adamellitas y/o monzogranitos biotíticos (adamellitas) de grano grueso.

Discordante sobre el primer conjunto metasedimentario, aparece la serie del Ordovícico inferior. Aflora en el borde meridional de la Hoja, junto al cauce del río Pirón y se encuentra descansando sobre el "Complejo Esquisto-Grauwaquico" del Macizo de Santa María La Real de Nieva. Esta serie es de bajo grado de metamorfismo. Se encuentra constituida por materiales pizarrosos y cuarcíticos, estos últimos más abundantes en los tramos inferiores de la serie. En ellos han quedado preservadas estructuras sedimentarias de origen tractivo, así como pistas de *crucianas*. Esta

serie ha sido caracterizada a nivel de formación y/o unidad dentro de la Hoja de Nava de la Asunción, como "Capas de Domingo García".

1.1.1. Rocas metamórficas

Dos son los conjuntos de rocas metamórficas que afloran en la Hoja y región. El primero de ellos de origen paraderivado y el segundo ortoderivado.

Las rocas de origen paraderivado que afloran están formadas a partir del denominado "Complejo Esquisto-Grauwaquico", constituido por esquistos, esquistos micáceos, gneises bandeados (en ocasiones), cuarcitas, metarenitas y pizarras. Este conjunto heterolítico ha sido definido en la vecina Hoja de Nava de la Asunción, en donde aparece en mejores y más extensos afloramientos, como "Capas de Santa María". Sobre estas formaciones se encuentra discordante el Ordovícico inferior, definidos en la misma como "Capas de Domingo García".

La serie y/o series preordovícicas del Sistema Central, situadas bajo la discordancia Sárdica, presenta en numerosas ocasiones conjuntos de rocas ortoderivadas constituidas por gneises glandulares en la base, sobre los que descansa la serie metasedimentaria o "Complejo Esquisto-Grauwaquico" que a su vez, y en ocasiones, intercala gneises glandulares de tipo estratiforme.

El origen de las formaciones gnéissicas de la base ha sido de gran controversia en el pasado. Así a comienzo de los años setenta, un grupo de especialistas (PEINADO, 1.985; LÓPEZ RUIZ et al, 1.975 y APARICIO et al, 1.975) proponen, que la serie original preordovícica no contiene, en ningún caso, rocas ígneas; en tanto que un grupo más numeroso de especialistas señala la existencia de un protolito constituido por granitos porfídicos y/o series vulcano-sedimentarias ácidas (WAARD, 1.950; SCHÄFER, 1.969; BISCHOFF et al, 1.991; FERNÁNDEZ CASALS, 1.974 y 1.976 y NAVIDAD, 1.975).

En trabajos de síntesis, CAPOTE y FERNÁNDEZ CASALS (1.975) proponen que la serie preordovícica del Sistema Central, se atribuye al Precámbrico, señalando que el sustrato y/o unidad inferior, corresponde a los gneises glandulares o gneises ocelares con xenolitos. Estos derivarían de masas ígneas de textura porfídica, la cual constituirían el zócalo regional. Sobre ésta unidad descansaría toda la serie metasedimentaria, en la que se intercalan (según zonas) gneises glandulares derivados de cuerpos vulcano-sedimentarios.

La variedad composicional de los protolitos de los gneises glandulares fue puesta de manifiesto por NAVIDAD (1.978), la cual señala la presencia de rocas derivadas tanto de arcosas y grauwaacas, como de rocas volcánicas ácidas. Posteriormente NAVIDAD (1.979) propone la existencia de dos grandes conjuntos bajo la discordancia Sárdica: El inferior o "Unidad Glandular" se encuentra constituida por facies heterogéneas y homogéneas, de las que las segundas corresponderían a intrusiones graníticas y subvolcánicas; el superior o "Unidad Metasedimentaria", integrado por esquistos, micacitas, cuarcitas, gneises bandeados e intercalaciones de calizas y anfibolitas, es atribuido al Precámbrico superior-Cámbrico inferior.

El carácter intrusivo y ortoderivado, tanto de rocas volcánicas ácidas, como graníticas, de una buena parte del conjunto de ortogneises glandulares, ha sido confirmado por FUSTER et al (1.981), TORNOS y CASQUET (1.982) y PEINADO y ÁLVARO (1.981).

CAPOTE (1.983) realiza una revisión señalando que los niveles de gneises glandulares de carácter estratoide asociados a las series metasedimentarias, derivan de un conjunto vulcano-sedimentario ácido, siendo equiparables al tradicional "Olo de Sapo" del NO peninsular.

Las dataciones radiométricas del conjunto de ortogneises glandulares han dado lugar a discrepancias importantes, entre los 470-500 m.a. señalados por el método Rb-Sr (VIALETTE et al 1.986 y 1.987) y los 540-560 m.a. calculados por el método U-Pb (BISCHOFF et al, 1.986).

En el estado actual de los conocimientos parece razonable considerar la existencia de dos grandes conjuntos preordovícicos en todo el Sistema Central. Los niveles superiores corresponden a un conjunto metasedimentario, con intercalaciones de gneises glandulares derivados de cuerpos vulcano-sedimentarios de naturaleza ácida. Se atribuyen al Precámbrico superior-Cámbrico (Macizo de Santa María La Real de Nieva). Los niveles inferiores están constituidos por ortogneises glandulares homogéneos derivados de cuerpos graníticos y granodioritas.

1.1.1.1. Ortogneises glandulares. (2) Precámbrico

En la Hoja de Navas de Oro, las rocas gnéissicas se encuentran tan sólo representadas en el área que rodea, por su parte suroccidental, el macizo granítico de Zarzuela del Pinar (Hoja de Cantalejo nº 430). En concreto afloran desde el alto de San Cebrián hasta las cercanías del manantial de San Gregorio (Hoja de Navas de Oro nº 429).

Este área gnéissica presenta diferentes condiciones de afloramiento, siendo los mejores puntos de observación los situados en las inmediaciones de las ruinas de la ermita de San Cebrián, junto a la pista de Zarzuela del Pinar, en una cantera semiabandonada, así como en pequeños afloramientos aislados y exhumados de la capa de alteración que cubre la práctica totalidad de la unidad.

Como ya se ha mencionado con anterioridad, estos gneises constituyen una de las unidades más controvertidas y características del Sistema Central. Se presentan regionalmente bajo dos formas: Como intercalaciones en la serie metasedimentaria superior (de difícil observación en la Hoja), y como un conjunto homogéneo de sustrato desconocido y derivado de intrusiones graníticas y granodioríticas. A éste segundo grupo corresponde la unidad (2) cartografiada en la Hoja.

Sobre esta unidad se disponen, generalmente y en discordancia, materiales de edad cretácica y terciaria, de naturaleza detrítica, lo cual implica que la anterior ha sido afectada por procesos intensos de erosión, y que en la actualidad siguen afectando.

El rasgo más característico de ésta unidad es la presencia dentro de su textura de grandes glándulas o megacristales de feldespatos potásicos, de tamaño variable, llegando a alcanzar hasta 15 cm en su eje mayor. En general son gneises de grano grueso. La proporción de biotita es alta, dando lugar a la denominación de "ortogneises glandulares mesocratos-melanocratos". Con frecuencia la biotita se encuentra asociada a moscovita, y a veces a sillimanita, dando una marcada foliación.

En afloramientos algo más al SE de la ermita de San Cebrián, se han reconocido gneises glandulares, granitizados y bandeados, con fuertes replegamientos internos y cuerpos cuarcíticos inter-

calados de 10 a 15 cm de espesor. Las glándulas de feldespatos presentan marcas extensionales y a su vez se encuentra plegadas (sigmoides extensionales). Los fenocristales de cuarzo se han transferido en venas de cuarzo. Se observan en estos afloramientos la aparición de diques pegmatoides con turmalina radial.

Dentro de la masa cartografiada aparecen también gneises félicos de grano medio a grueso, en los que no se aprecian glándulas de feldespatos potásico, sin embargo abundan diques de cuarzo.

En la zona de San Cebrián y en las proximidades del contacto con la roca granítica, existen dentro de los gneises abundantes diques de naturaleza aplítica, de hasta 40 cm de espesor y con un borde de enfriamiento de hasta 3 cm de grosor.

No existe una clara interpretación del conjunto de ortogneises del Sistema Central, y por supuesto de la zona que ocupa la Hoja de Navas de Oro, así como de sus colindantes. Cada vez son más numerosas las evidencias de su carácter intrusivo con respecto a la serie metasedimentaria (ITGE, 1.991), entre sus evidencias se encuentran sus contactos netos, su disposición bajo diferentes niveles metasedimentarios, la presencia de enclaves metasedimentarios preordovícicos dentro de su masa y los datos proporcionados por algunas dataciones. VIALETTE et al (1.986 y 1.987) han señalado edades comprendidas entre los 470-500 m.a, lo que sugiere que su intrusión tubo lugar durante el Ordovícico inferior, coincidiendo con la fase Sárdica. Sin embargo algunos autores han señalado la existencia de un evento magmático anterior (ITGE, 1.991), en base a las edades de 540 a 620 m.a, proporcionadas por el método de U-Pb en diversos puntos del Macizo Central Francés, Galicia. Norte de Portugal y Sistema Central, y que estaría relacionado con la Orogenia Cadomiense; de ser correcta ésta interpretación, sería incuestionable la edad Precámbrico de todos los metasedimentos intruidos por los ortogneises. No obstante, no debería descartarse la idea de que al menos una parte de los ortogneises constituyan el zócalo regional sobre el que se depositó la serie sedimentaria preordovícica (CAPOTE y FERNÁNDEZ CASALS, 1.975).

1.1.1.2. *Esquistos, metarenitas, pizarras y cuarcitas. "Capas de Santa María" (3). "Complejo Esquisto-Grauwáquico". Precámbrico superior-Cámbrico inferior*

Los únicos afloramientos en los que se ha podido reconocer esta unidad dentro de la Hoja ha sido en su borde meridional y en el límite con la Hoja de Cantalejo (nº 430), junto a la fuente-manantial de San Gregorio, en las proximidades de Fuentepelayo y Zarzuela del Pinar.

Los afloramientos, situados en las proximidades de la carretera de Pinarnegrillo, son los que presentan mejores características de observación, dado que se muestran en taludes de la carretera, siendo su grado de recubrimiento escaso. El resto de los afloramientos observados se encuentra recubiertos y muy alterados por lo que su estudio se hace más complicado.

Por otra parte, donde se puede reconocer y estudiar ampliamente ésta unidad es en la Hoja de Nava de la Asunción (nº 456). En ésta la extensión de afloramiento es considerable, ocupando la parte central del Macizo de Santa María La Real de Nieva. En algunos sectores se encuentra cubierta por sedimentos detríticos de edad cretácica y terciaria, al igual que ocurre en la Hoja de Navas de Oro.

En general se encuentra constituida por una potente serie de pizarras arenosas de color gris-verdoso, con frecuentes niveles de areniscas (metarenitas) y cuarcitas blanquecinas que son especialmente abundantes cerca de la discordancia con el Ordovícico inferior, así como cerca del contacto con los granitos. Existen dentro de la serie niveles de areniscas en los que todavía se puede observar estructuras sedimentarias de origen tractivo. Sin embargo lo más usual es encontrarse niveles de areniscas homogéneos, tanto en tamaño de grano como en color, haciendo difícil detectar la estratificación, aunque en los taludes de la carretera local a Pinarnegrillo, ésta particularidad se puede reconocer con bastante claridad (S₀).

A grandes rasgos la unidad se presenta con típicas coloraciones oscuras y un evidente bandeo tectónico, aunque no existe, dentro de la Hoja, corte alguno que permita establecer la potencia, así como sus principales características estratigráficas.

En la Hoja de Cantalejo, ésta unidad se presenta con un predominio de esquistos y metarenitas de tonos marrones y verdosos, con respecto a cuarcitas y pizarras. También se aprecian masas de gneises glandulares, de origen probablemente ígneo, dentro de la serie, si bien no se puede precisar si se trata de intercalaciones o de cuerpos intrusivos.

En la mayor parte de la unidad aflorante en el Macizo de Santa María, las metapelitas y metarenitas están constituidas principalmente por cuarzo, clorita, mica blanca, plagioclasa y en algunos casos biotita. En el contacto con los granitos, el metamorfismo es mayor y aparecen asociaciones del tipo andalucita-cordierita, aunque en la actualidad completamente transformadas en clorita confiriendo a las rocas un aspecto totalmente moteado.

Se atribuyen estos materiales al "Complejo Esquisto-Grauwáquico", por semejanza con algunas unidades del mismo descritas en la Zona Centro-Ibérica, y a su vez por estar fosilizados por sedimentos discordantes del Ordovícico inferior. Por todo esto, se le ha asignado a ésta unidad una edad Precámbrico-Cámbrico inferior, aunque existen consideraciones, dentro de la masa que constituye el Macizo de Santa María que llevan a conclusiones de edad, situándola dentro y exclusivamente en el intervalo Cámbrico s.l. Esto último es debido a la existencia de una discordancia en el seno de la serie metasedimentaria preordovícica, por debajo de la cual estaría el denominado "Complejo Guadarrama" de alto grado de metamorfismo. Por encima de la unidad se situaría la unidad que aquí se describe. Esta discordancia coincidiría con el límite Precámbrico-Cámbrico, con lo que los metasedimentos de Santa María La Real de Nieva serían, como se ha mencionado anteriormente, de edad Cámbrico. Sin embargo, al no detectarse ésta discordancia en el área del estudio, en la que se encuentra la Hoja de Navas de Oro, se ha optado por considerar la unidad de edad Precámbrico-Cámbrico inferior.

1.1.1.3. Alternancia de cuarcitas y pizarras (4). "Capas de Domingo García". Ordovícico inferior

Aflora ésta unidad al sur de la Hoja, entre las carreteras nacional nº 601 y la comarcal de Navalmanzano a Navas de Oro, en concreto junto a la margen derecha del río Pirón.

La mayor o una gran parte de la unidad, sobre todo los materiales en los que abundan las pizarras, se encuentran cubiertos por depósitos cuaternarios, tanto de origen fluvial como eólicos.

Aunque la unidad se encuentra constituida por alternancias de pizarras, pizarras cuarcíticas y cuarcitas, estas últimas de tonos oscuros a veces brillantes son las que mejor exposición presen-

tan dentro de la Hoja. Se observan afloramientos de cuarcitas con un espesor cercano a los 10 metros y en los que aparecen cuarcitas de grano fino a medio, estratificadas en gruesos bancos, entre los que se intercalan niveles delgados de pizarras. Los cuerpos cuarcíticos se presentan como barras con laminaciones cruzadas de tipo planar y superficies de reactivación (sigmoides). También es frecuente la presencia de cuerpos erosivos en los que se observan estructuras canaliciformes, con espesores superiores al metro y medio, con pizarras a techo de los mismos.

Desde el punto de vista sedimentológico estos depósitos corresponden a sedimentos originados en ambientes de influencia mareal, posiblemente estuarinos, en los que son frecuentes canales con estructuras acrecionales.

En la Hoja vecina de Nava de la Asunción, estos tramos cuarcíticos presenta a muro pistas de *cruciana* (*Cruciana furcifera* y *Cruciana goldfussi*)

Desde el punto de vista petrológico estas cuarcitas se encuentran constituidas esencialmente por cuarzo con textura de recristalización poco desarrollada, quedando elementos con formas anhedrales y bordes irregulares. Junto con los cuarzos aparecen los circones, con formas redondeadas y, turmalina de tamaño fino con la misma forma.

En la Hoja mencionada, y en concreto en las proximidades de la localidad de Domingo García, la potencia de esta unidad alcanza los 250 m, aunque no se puede medir la totalidad de la misma, dado que la parte superior se encuentra cubierta por depósitos terciarios.

Regionalmente los materiales más próximos a los descritos en este apartado se encuentran en el afloramiento de Ojos Albos, en la Hoja de El Espinar (nº 507). En ésta localidad y bajo la "Cuarcita Armoricana", se sitúa una alternancia de cuarcitas y pizarras (Capas de Voltoya), similar a la que aparece en la zona de las hojas de Navas de Oro y Nava de la Asunción. Esta alternancia ha proporcionado datos paleontológicos que hacen pensar en una edad Tremadoc superior- Arenig.

1.1.2. Rocas ígneas hercínicas

Los granitoides hercínicos del Sistema Central constituyen uno de los rasgos más característicos de éste. Su superficie de afloramiento aumenta de forma ostensible de Este a Oeste, de modo que no están representados en el Dominio Oriental pero, por contra, en el Dominio Occidental es tal la abundancia de afloramientos, que se encuentran interconectados entre sí, con los afloramientos de rocas metamórficas dispuestos a modo de retazos.

Aunque en el Sistema Central existen cuerpos graníticos autóctonos y parautóctonos derivados de procesos anatécnicos, relacionados con el clímax metamórfico hercínico, la mayor parte de los granitoides corresponden a episodios magmáticos postmetamórficos y postcinemáticos. El magmatismo hercínico del Sistema Central ha sido objeto de una gran cantidad de estudios de carácter regional y, muy especialmente, local; entre los de carácter general destacan los de APARICIO et al (1.975), BELLIDO et al (1.981), VILLASECA (1.985a y b) y FUSTER y VILLASECA (1.987).

Las relaciones con el conjunto metamórfico son esencialmente discordantes, observándose en éste un grado de metamorfismo muy variable. Los efectos del metamorfismo de contacto son mucho más evidentes cuando la intrusión afecta a rocas de bajo grado (Macizo de Santa María la

Real de Nieva), que cuando afecta a rocas de alto grado (Macizo de Guadarrama). En general, debido a su predominante carácter alóctono, poseen una fábrica isotrópica, especialmente en los sectores más orientales, aunque en algunas zonas pueden presentar facies orientadas (El Escorial, La Cañada), que en algunos casos pueden deberse a causas de tipo mecánico.

A pesar de su abundancia, su aspecto composicional es muy limitado, predominando de manera ostensible los granitos, monzogranitos (adamellitas) y granodioritas. Entre los tipos más básicos, aparecen cuarzdioritas, tonalitas y, ocasionalmente dioritas, en tanto que los tipos más ácidos corresponden a leucogranitos que pueden formar diques o cuerpos de tamaño diverso.

Los granitoides calcoalcalinos o biotíticos predominantes en la Sierra del Guadarrama, son rocas de composición granítica a granodiorítica y tamaño de grano medio a grueso, presentando todas las transiciones desde facies porfídicas con megacrístales de feldespatos potásico hasta facies equigranulares. Las rocas más básicas son de grano fino a medio y carecen de porfidismo, en tanto que los tipos más diferenciados, de carácter aplítico, suelen poseer grano fino, aunque en ocasiones pueden poseer grano muy grueso de carácter casi pegmatóide. En relación con los procesos de fracturación tardía, se encuentran rocas episieníticas de tonos rosados, así como manifestaciones filonianas, entre las que se observan pórfidos, lamprófidos, aplitas, microdioritas, pegmatitas y diques de cuarzo.

Las tendencias de evolución geoquímica son relativamente simples y típicas de series plutónicas calcoalcalinas de carácter normal (Cuadros 4.1 y 4.2), con espectros de variación reducidos debido a la escasa representación de rocas básicas. En sectores occidentales, los granitos de dos micas presentan tendencias evolutivas más complejas debido a su mayor contenido en volátiles y a la cristalización de moscovita.

A grandes rasgos, la secuencia de emplazamiento parece señalar una cierta precocidad de las dioritas, intruyendo posteriormente las tonalitas y cuarzdioritas, con muy poco desfase respecto a las granodioritas y adamellitas, finalizando la secuencia con granitos y leucogranitos. No obstante, esta secuencia general puede mostrar variaciones de orden local. El plutonismo hercínico y tardihercínico de la Sierra del Guadarrama se produjo al menos en el intervalo comprendido entre 345 ± 26 m.a (Unidad intrusiva de Villacastín) y 276 ± 8 m.a. (Unidad intrusiva de La Granja), tal como han señalado las dataciones realizadas por el método Rb-Sr (IBARROLA et al., 1.988), aunque evidencias de campo sugieren que debieron existir acontecimientos intrusivos anteriores y posteriores a las edades señaladas.

En la Hoja de Navas de Oro se ha reconocido una unidad (1) perteneciente y aflorante en el Macizo de Zarzuela del Pinar (Hoja de Cantalejo) y constituida por monzogranitos (adamellitas), afectadas por intrusiones leucograníticas reconocidas en muestras petrográficas dentro de la Hoja y separadas cartográficamente en la vecina Hoja de Cantalejo.

1.1.2.1. Monzogranitos (Adamellitas) (1). Carbonífero inferior?

Afloran exclusivamente en el Macizo de Zarzuela del Pinar, como continuación hacia el NE del Macizo de Santa María La Real de Nieva, bajo condiciones de afloramiento deficientes. Tan sólo se han podido reconocer en pequeños enclaves aflorantes al E de la ermita de San Cebrián, en el camino que va desde este lugar a Zarzuela del Pinar. Estos afloramientos graníticos dan una morfología suave y alomada, y en cuyos puntos más elevados se reconocen bloques rocosos de granitos.

Es preciso señalar que el conjunto del Macizo de Zarzuela del Pinar se encuentra tapizado por depósitos eólicos cuaternarios que ocultan buena parte de la unidad y, en ocasiones, son difíciles de separar de los mantos de alteración formados a expensas de las rocas adamellíticas, debido a la naturaleza arenosa de ambos conjuntos.

En corte fresco, la unidad posee característicos tonos grisáceos, oscurecidos por la alta proporción de biotita, predominando el tamaño medio a grueso, con escasos fenocristales del feldespato, junto a los que aparecen cuarzo y plagioclasa como minerales principales. Con frecuencia se suelen observar leucogranitos de grano fino que, debido a sus reducidas dimensiones, resultan difícilmente cartografiables.

No existen dataciones radiométricas de las rocas graníticas en este sector, si bien se han propuesto edades extremas de 327 ± 8 m.a. y 276 ± 8 m.a. para ellos en el Complejo de Guadarrama (IBARROLA et al., 1.988) con el que puede asimilarse el macizo de Zarzuela del Pinar. No obstante la carencia de deformación de la presente unidad, hacen que puedan descartarse para ella edades más antiguas de dicho intervalo; por otra parte, al encontrarse intruida por masas leucograníticas tardías, deben descartarse también las edades más recientes. De acuerdo con ello el Carbonífero inferior parece el periodo más probable para su emplazamiento.

1.2. MESOZOICO

Se incluyen en este apartado los materiales sedimentarios dispuestos sobre el zócalo plutónico-metamórfico descrito, posteriores, por tanto, a la orogenia hercínica. Ocupan una estrecha franja adosada al borde suroriental del macizo de Zarzuela del Pinar (Hojas de Cantalejo y Navas de Oro), pudiéndose agruparse en dos unidades o conjuntos litológicos, ambos pertenecientes al Cretácico superior.

Pese a ser el conjunto con menor superficie cartografiada en la Hoja, es el mejor caracterizado en la región. En este sentido es preciso destacar la tesis doctoral de ALONSO (1.981) en la que se aborda el estudio estratigráfico de Cretácico de la Provincia de Segovia, estableciendo diversas unidades litoestratigráficas, algunas de ellas reconocibles dentro de la Hoja (Fig.1.2). Estas unidades serían reconocidas formalmente por FLOQUET et al. (1.982) y correlacionadas con las unidades aflorantes al sur del Sistema Central por ALONSO y MAS (1.982).

La primera unidad que se caracteriza en la Hoja es de naturaleza detrítica y lo constituye "la Formación Arenas de Segovia" (5). Las unidades siguientes, de naturaleza eminentemente carbonática, son las formaciones de "Dolomías tableadas de Caballar" (6) y "Calizas y dolomías de Castrojimeno" (7), respectivamente. De estas, la primera de ellas se encuentra constituida, dentro de la Hoja, por una alternancia de margas arenosas de tonos verdosos que intercalan niveles decimétricos de dolomías arenosas. La segunda unidad corresponde claramente con un resalte morfológico, constituido por dolomías blancas, recristalizadas y oquerosas, estratificadas en capas delgadas. Por encima, la serie aflorante culmina con dolomías sacaroideas masivas.

1.2.1. Fm. Arenas y arcillas de Segovia (5). Turoniense sup.-Coniaciense

Muy pocos y no muy buenos afloramientos existen dentro de la Hoja de Navas de Oro. No obstante estos se localizan en el borde centro-oriental de la Hoja en su límite con la vecina de

Cantalejo, en las proximidades de las localidades de Zarzuela del Pinar y Fuentepeelayo, en donde se encuentra mejor representada.

Esta unidad y/o Formación constituye la base de la serie cretácica en este sector del Sistema Central y borde meridional de la Depresión del Duero. Se dispone sobre un paleorrelevé elaborado sobre el zócalo hercínico, en concreto sobre los materiales metamorfizados y graníticos del Macizo de Zarzuela del Pinar. En general, debido a su naturaleza litológica sus afloramientos son muy deficientes, pese a lo cual existen puntos de observación, sobre todo en la Hoja de Cantalejo (nº 430), en las localidades de Lastras de Cuellar, Hontalbilla y Pajares de Pedraza.

Litológicamente, se encuentra constituida por arenas, limos, arcillas y conglomerados, todo ello de una variedad de color que va desde el blanco al rojo, pasando por tonos amarillentos y verdosos.

Los términos conglomeráticos suelen marcar la base de la unidad, pero no son exclusivos de ella, pues pueden presentarse en niveles superiores. Estos conglomerados se encuentran constituidos por cantos de naturaleza cuarcítica redondeados y englobados en una matriz areno-arcillosa que confiere tonalidades rojizas al terreno. El tamaño de los cantos suele oscilar entre 2 y 6 cm, aunque su centil máximo se sitúa entorno a los 10 cm. Forman cuerpos lenticulares de aspecto masivo.

En la vecina Hoja de Cantalejo, donde ésta unidad se encuentra mejor representada, y desde el punto de vista petrológico, las arenas se encuentran fundamentalmente constituidas por cuarzo, en sus distintas variedades, en proporciones superiores al 70% dentro de la fracción comprendida entre 0,25 y 0,50 mm. Junto al cuarzo aparece el feldespato potásico con valores próximos al 2%, la plagioclasa entre el 1-2%, y los fragmentos de rocas entre el 0-11%. Dentro de la fracción pesada se encuentra turmalina (40-50%), circón (25-30%), estaurólita (6-8%), hornblenda (6-7%), granate (3-3,5%), distena (3,5%), carbonatos (3-3,5%) y, esfena, andalucita y epidota entre otros.

El límite inferior de la unidad coincide a nivel regional con una ruptura sedimentaria, en ocasiones de marcado carácter erosivo, que permite la diferenciación de dos ciclos sedimentarios en el Cretácico superior. El ciclo inferior se inicia, por tanto, con el depósito de la presente unidad en un régimen continental, caracterizado por la abundancia de cuerpos canalizados que surcarían una llanura costera, observándose a techo una cierta influencia mareal. El límite superior, que puede tener carácter neto o gradual, se establece con la aparición de los primeros niveles carbonatados, que marcan la instalación de ambientes marinos en la región. El espesor de la unidad aumenta progresivamente de NE a SO, habiéndose medido espesores superiores a los 25 metros en Pajares de Pedraza (Hoja de Cantalejo) y no superando los 15 metros en la Hoja de Navas de Oro, en el único afloramiento existente en las proximidades de Los Corrales-Zarzuela del Pinar y Fuentepeelayo.

ALONSO, en su tesis doctoral (1.981), cita la presencia de ostrácodos al NE de la región, situando ésta unidad entre el Turoniense superior-Coniaciense.

1.2.2. Dolomías y margas (6). Formación Dolomías tableadas de Caballar. Coniaciense

Se trata de una unidad fácilmente identificable en la región, por sus claras diferencias con las unidades infra y suprayacentes, cuyos mejores puntos de observación se encuentran y/o se localizan

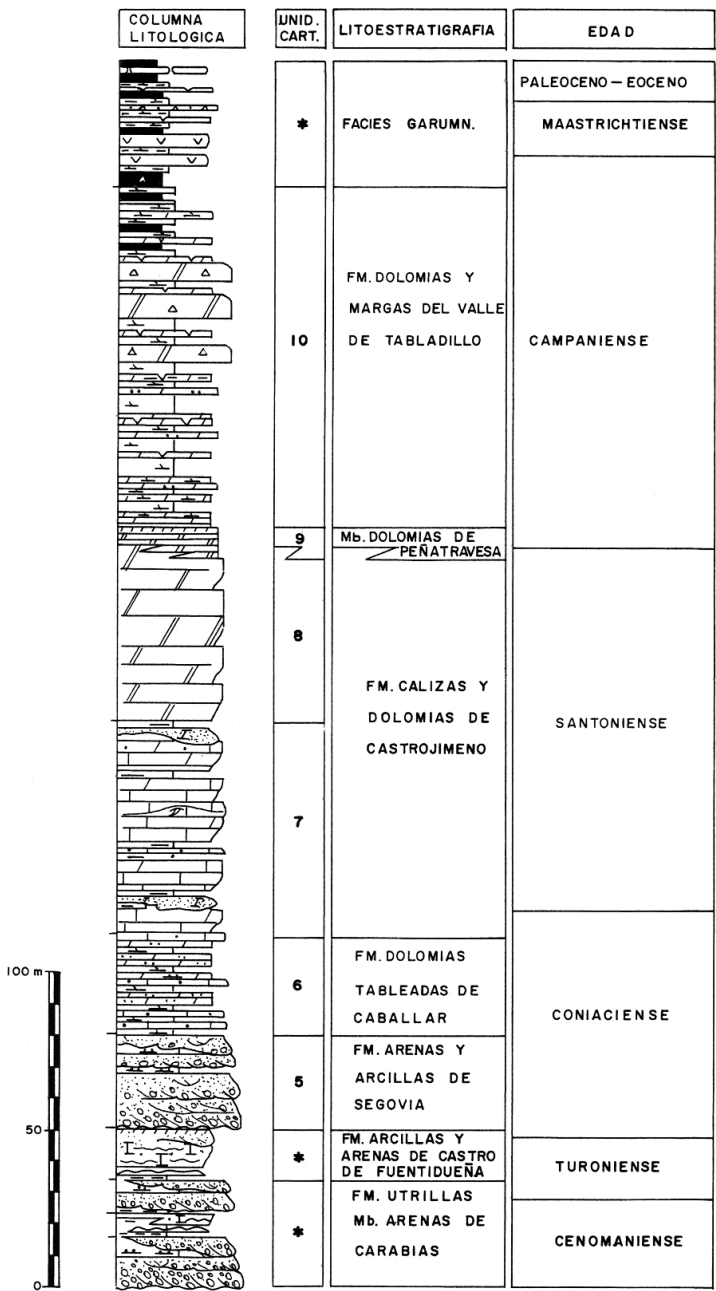


Figura 1.2. Serie sintética del Cretácico Superior en el sector de Sepúlveda.

en la Hoja limitrofe de Cantalejo nº 430, en las localidades de Hontalbilla y Pajares de Pedraza. En la Hoja de Navas de Oro, esta unidad se encuentra muy erosionada y medio cubierta por derrubios y suelos.

Está constituida por una alternancia de niveles margosos y capas dolomíticas tabulares de orden decimétrico a métrico. En detalle, los niveles margosos corresponden a margas dolomíticas y limos de tonos grises. Entre las dolomías se reconocen varios tipos texturales: *mudstones*, *wackestones* laminados y *packstones*, con cierto carácter margoso; esporádicamente incluyen construcciones de rudistas.

Generalmente, su límite inferior viene señalado por la aparición de términos carbonatados sobre los materiales detríticos de la unidad infrayacente (5). En cuanto al límite superior, viene dado por el resalte morfológico producido en el terreno por los niveles dolomíticos de las unidades suprayacentes. Por lo que respecta a la potencia de la unidad, esta varía entre los 45 m en Pajares de Pedraza, 30 metros en Hontalbilla y unos 15 metros en el afloramiento de Los Corrales (Hoja de Navas de Oro).

En los niveles de dolomías predominan los tipos micríticos con abundantes granos de cuarzo y restos difusos de ostrácodos. Se reconocen estratificaciones cruzadas planares, *ripples* de oscilación y laminaciones de algas, en tanto que los niveles de areniscas poseen cicatrices erosivas y estratificación bimodal. El depósito de la unidad se interpreta en un contexto de llanura de marea de baja energía, en el que las pulsaciones de la línea de costa dieron lugar a una alternancia de depósitos submareales e intermareales, en ocasiones con aportes terrígenos.

No se han encontrado restos paleontológicos que permitan la datación de la unidad, si bien por correlación con sectores nororientales se ha incluido en el Coniaciense (ALONSO, 1.981), edad que concuerda con las atribuidas a las unidades supra e infrayacente en la región.

1.2.3. Dolomías y areniscas dolomíticas. Niveles esporádicos de margas (7). Formación Calizas y dolomías de Castrojimeno. Coniaciense-Santoniense

Sobre la unidad anterior se dispone un conjunto calizo-dolomítico característico en toda la región, asimilable a la Formación Calizas y dolomías de Castrojimeno (7). Es la unidad del Cretácico de la región con mayor superficie de afloramiento en ésta Hoja y en sus colindantes, siendo su mejor desarrollo en las conocidas "Hoces del Duratón" (Hoja de Cantalejo Nº 430). Su límite inferior coincide con el resalte que se produce en el terreno, como causa del predominio dolomítico de la unidad. El límite superior dentro de la Hoja queda bastante difuso, no obstante en otras zonas este límite viene marcado por niveles dolomíticos tableados de la unidad suprayacente, no reconocida en esta Hoja.

Dentro de la Hoja en concreto en el afloramiento de Los Corrales, ésta unidad viene caracterizada por una alternancia de dolomías blancas recristalizadas y oquerosas, estratificadas en cuerpos y capas de variado espesor que a veces alcanzan valores métricos.

En el sector de las Hoces del Duratón, la unidad aparece quizás bajo su aspecto más característico, como dolomías en potentes tramos de aspecto masivo, con un espesor ligeramente superior al centenar de metros. Se trata de dolomías recristalizadas blancas en las que se observa estratificación cruzada planar a gran escala y en surco. Cuando afloran en las escarpadas paredes

que limitan el valle del río Duratón, sus condiciones de observación son excelentes; sin embargo, en el resto de los afloramientos, incluidos los de la Hoja de Navas de Oro, la deficiencia en la exposición de sus caracteres es notable.

Los procesos erosivos intraterciarios han eliminado parte de esta Formación en determinadas zonas, a pesar de lo cual han quedado preservados unos 20 metros en Los Corrales, de los cuales los 15 m inferiores corresponden a las calizas y dolomías con intercalaciones margosas y los 5 m restantes a las dolomías sacaroideas muy recristalizadas y erosionadas.

En las dolomías basales de la unidad pueden reconocerse paquetes métricos de *wackestones-packstones* con estratificación cruzada, paquetes métricos con estratificación nodulosa de *wackestones* y niveles decimétricos de *wackestones* laminados con estructuras algales y *ripples* de oscilación. Entre las calizas se han observado barras de *grainstones* oolíticos con estratificación cruzada planar a muy gran escala y construcciones de rudistas aislados, de potencia métrica. En cuanto a las margas, corresponden a niveles métricos de limos dolomíticos de aspecto masivo. Con respecto al tramo superior de la unidad y correspondiente con las capas de dolomías sacaroideas, estas se presentan como dolomías y calizas dolomíticas con texturas *packstones* y *grainstone* en bancos masivos de orden métrico e interpretados como barras.

El depósito de la Fm. Castrojimeno tuvo lugar en una plataforma carbonatada de alta a media energía, sometida en todo momento a la influencia del oleaje, y en la que se desarrollan barras que protegerían las zonas más internas. El aspecto dolomítico de la unidad está relacionado con procesos diagenéticos que han borrado la mayoría de los rasgos originales de la unidad.

No se han encontrado restos paleontológicos que permitan la datación de la unidad, que en la región ha sido atribuida al Coniaciense terminal-Santonense en base a sus asociaciones de rudistas, foraminíferos y ostrácodos (ALONSO, 1.981).

1.3. Terciario

Los materiales terciarios de origen continental, constituyen el relleno sedimentario de la Depresión del Duero (Fig.1.3), dominio geológico al que pertenece la Hoja de Navas de Oro. Sin embargo, la mayor parte del relleno terciario de la Hoja se encuentra oculto y/o cubierto por extensos mantos arenosos cuaternarios característicos de la región.

La ausencia de yacimientos fosilíferos que permitan su reconocimiento cronoestratigráfico, unida a la baja calidad de afloramientos, con la consiguiente ausencia de estudios estratigráficos, hacen que su conocimiento sea muy deficiente. Por ello una buena parte de las interpretaciones relativas a las unidades terciarias de la Hoja se han realizado por correlación con otras zonas.

Existe un claro predominio de los sedimentos de naturaleza detrítica, que tienen como área fuente los afloramientos de materiales hercínicos y cretácicos de los macizos de Zarzuela del Pinar, Santa María La Real de Nieva, el Sistema Central y las sierras de Honrubia-Pradales.

La práctica totalidad de los materiales terciarios de la Hoja se encuentran constituidos por depósitos neógenos, de edad Mioceno y su descripción se realizará teniendo en cuenta el área paleogeográfica en la que se ubica la Hoja de Navas de Oro.

1.3.1. Mioceno

El Mioceno de la Cuenca del Duero ha sido objeto de un elevado número de trabajos, en su mayoría de carácter local. Estos han motivado la diferenciación de gran cantidad de facies y divisiones en sus materiales (PORTERO et al 1.979)

El relleno de la cuenca se realiza mediante grandes abanicos aluviales con distribución radial hacia el centro. La mayoría de estas diferenciaciones han sido definidas en sus márgenes, dando una terminología determinada a las facies proximales, medias y distales de cada abanico. Sin embargo en las zonas centrales, la mayoría de los autores que han trabajado en la cuenca, coinciden en definir tres unidades: "Tierra de Campos", "Margas Yesíferas" y "Calizas de los Páramos", introduciendo en ocasiones alguna subdivisión dentro de ellas.

En la Hoja de Navas de Oro, al estar situada en el borde de los macizos reseñados anteriormente, solo se diferencian dos de estas unidades: "Tierra de Campos" y un pequeño afloramiento en el ángulo surentrional de la Hoja y que se hace corresponder con la "Caliza de los Páramos". La primera de estas unidades coincide a su vez con las definidas por ARMENTEROS (1.986) como *Unidad Inferior* y la segunda como *Unidad Media*.

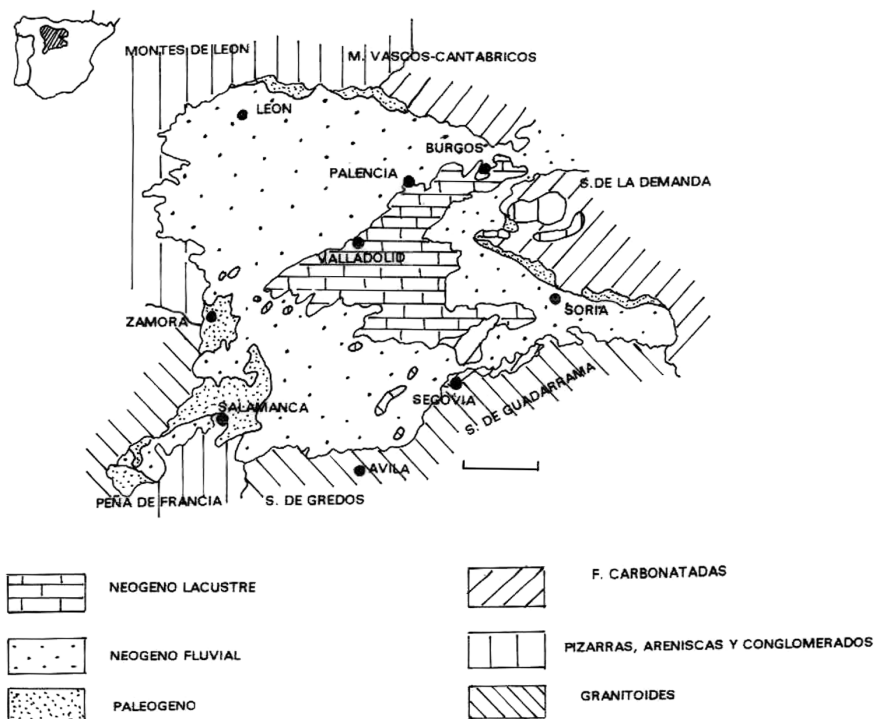


Figura 1.3. Esquema de distribución del Terciario (Paleógeno y Neógeno) en la Cuenca del Duero.

- La *Unidad Inferior*.- Se encuentra formada por sedimentos detríticos (lutitas, limos, areniscas, calizas y conglomerados) en proporciones variables. Lateralmente y hacia el Oeste, los términos superiores pasan a la facies yesíferas y carbonatadas que caracterizan a la "Facies Cuestas" en el sector nororiental de la Cuenca del Duero.

Algunos autores distinguen dos grandes grupos de facies dentro de ésta unidad en función de su naturaleza litológica. Estas facies son:

- "Facies de Tierra de Campos s.l y Facies Marginales"
- "Facies arcósicas restringidas al sur (Facies Puente Runel, Arévalo, etc). (CORRALES et al, 1.978)".

Las facies arcósicas se desarrollan exclusivamente en el borde Sur y tienen menos extensión que las precedentes. Sus áreas fuentes son las alineaciones plutónicas ácidas y en menor proporción las metamórficas del Sistema Central, así como las sierras cretácicas que orlan a los mencionados plutones. Este es el caso de la Hoja que nos ocupa, en donde los sedimentos se encuentran constituidos por materiales más o menos arcósicos, heterométricos y desorganizados y entre los que aparecen cuerpos de estructura organizada (canales).

- La *Unidad Media*.- Se encuentra constituida por materiales carbonatados y yesíferos (calizas, dolomías, margas y yesos) que por lo general configuran el resalte morfológico de los páramos en el centro de la Cuenca (Hoja de Cuellar nº 401). En la Hoja de Navas de Oro tan solo se reconoce ésta unidad en el borde suroriental, como ya ha sido mencionado.

1.3.1.1.- Arenas arcósicas, areniscas, arcillas, limos y niveles de brechas y conglomerados (8). *Mioceno medio. Orleaniense-Astaraciense*

Estos materiales han sido caracterizados fundamentalmente en los cortes y/o márgenes de los ríos Eresma y Cega. Sin embargo en la mayor parte de la Hoja se encuentran enmascarados por las arenas cuaternarias que constituyen el manto eólico.

Equivalen por posición y edad a la "Facies Puente Runel" definidas por CORRALES et al op.cit, y en términos más altos a la facies "Margas de Ostrácodos", por lo que se considera como un paso lateral a la "Facies Villalba de Adaja s.l" y a la "Facies Pedraja de Portillo" (CORRALES et al op. cit), siendo equiparable con la "Facies Tierra de Campos" y base de la "Facies Cuestas". (Fig 1.4). De igual forma equivale a la Unidad Inferior del GARCÍA del CURA (1.975) y de ARMENTEROS (1.986), a la "Facies Santa María del Campo" de AEROSERVICE (1.967) y a la "Unidad 1" de MEDIAVILLA et al (1.989), en sectores más centrales de la Cuenca del Duero.

Litológicamente se encuentran constituidas por limos arenosos y carbonatados de colores rojizos, grises y asalmonados, fangos arcósicos y argilitas, entre las que se intercalan niveles e areniscas arcósicas canalizadas de tamaño medio a grueso. También se reconocen en puntos aislados, y a modo de bolsadas, brechas y conglomerados desorganizados en los que se encuentran pequeños bloques de cantos de granitos y de rocas de origen metamórfico, todos ellos en las proximidades de los afloramientos hercínicos. Estos materiales se presentan con frecuencia carentes de ordenamiento interno.

La granulometría y composición de las areniscas varían según las zonas, pero en cualquier caso, los constituyentes fundamentales son los fragmentos de rocas sedimentarias (Cretácico), que pueden alcanzar hasta el 60% del total, el cuarzo con un 30 % y el feldespato potásico con un 10%, son los elementos más característicos en la composición de estos materiales. Entre los minerales pesados destacan la turmalina, circón y granate, generalmente con contenidos entre el 20-30%.

En pequeños cortes realizados en las márgenes de los ríos Eresma y Cega, e intercalados dentro de la serie arcósica aparecen finos niveles de calizas arenosas y nódulos carbonatados que se acunían rápidamente en la serie ó son erosionados por las secuencias superiores. El espesor de la unidad dentro de la Hoja es difícil calcularlo, ya que no se reconoce la base de la misma. Sin embargo, siguiendo criterios regionales, se puede estimar que la potencia de ésta unidad, dentro de la Hoja, es superior a los 80 m.

En lo que se refiere a la cronología de estos materiales y dado que, tanto en la zona como en sus alrededores y más concretamente en este tipo de facies, no existe ningún yacimiento paleontológico que permitan datarlos con fiabilidad, su edad se estima según criterios regionales. Estas consideraciones enmarcan a esta facies dentro del Mioceno medio y más concretamente entre el Orleaniense y el Astaraciense.

1.3.1.2. Arenas, areniscas y niveles arcillosos (9). Mioceno medio. Orleaniense-Astaraciense

Sobre la unidad anterior y en el cuadrante suroccidental de la Hoja, se ha diferenciado una serie de materiales, que aunque perteneciendo a la unidad anterior, han sido cartografiados independientemente, dado que presentan características morfológicas y litológicas diferentes.

Aflora, esta unidad, en las inmediaciones septentrionales y orientales de la localidad de Navas de Oro. Se encuentran todos ellos sobre la cota de los 800 m y alcanzan un espesor cercano a los 20 m.

Desde el punto de vista litológico se encuentran constituidos por una sucesión de areniscas arcósicas, arenas sueltas y niveles arcillosos de tonos verdosos. En los cuerpos arenosos se puede comprobar la existencia de cantos cuarcíticos de pequeño tamaño así como restos de cantos de origen metamórfico. En la actualidad son materiales que se encuentran en permanente explotación y utilización como áridos de construcción.

1.3.1.3. Margas arenosas grises y verdes con nódulos carbonatados y calizas finas (10). Mioceno medio. Orleaniense superior-Astaraciense

Aflora este conjunto de materiales a lo largo de las márgenes de los ríos Eresma y Cega, así como en el borde septentrional de la Hoja y más concretamente en el cuadrante noroccidental de la misma.

CORRALES et al, (1.978), denomina a estos materiales "Subfacies de Margas con Ostrácodos" y los considera como un equivalente lateral de la "Facies Cuestas".

El término mayoritario lo componen unas margas arenosas grises y verdes con nódulos carbonatados y que en ocasiones, como en la zona próxima a Fresneda de Cuellar, aparecen niveles de calizas margosas blancas estratificadas en capas finas y lajeadas.

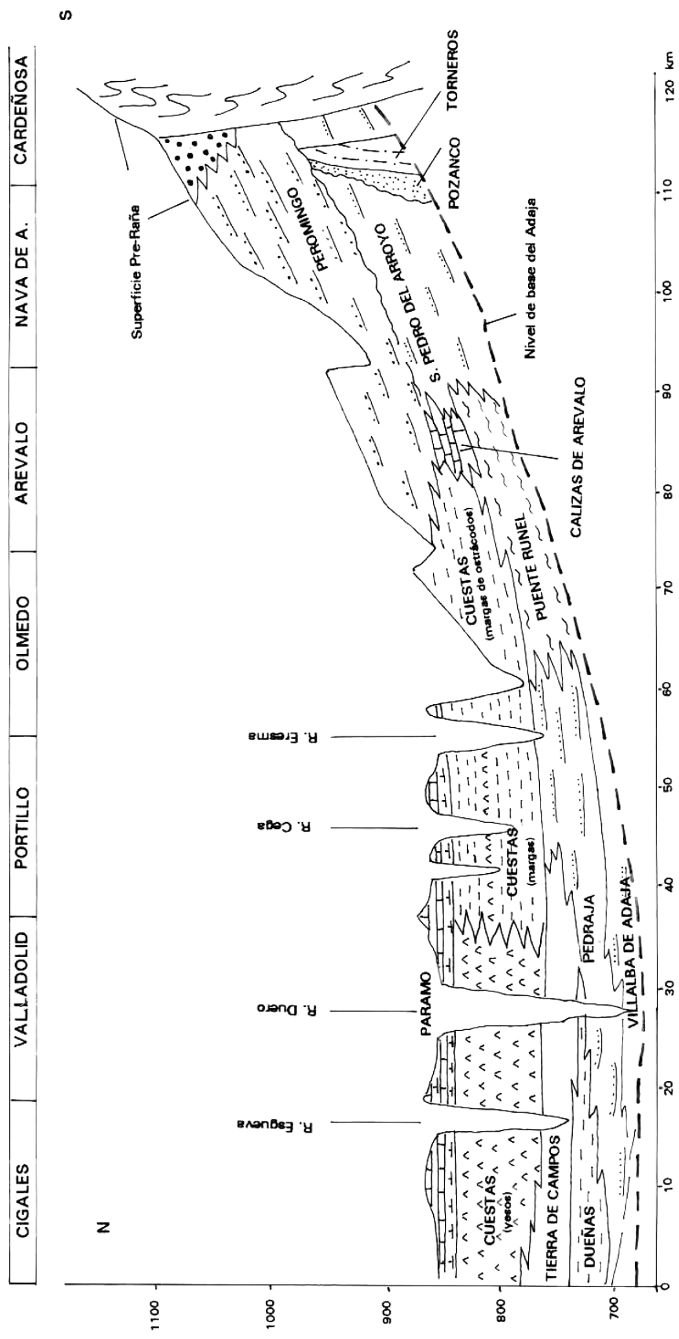


Figura 1.4. Esquema estratigráfico N-S de la parte meridional de la Cuenca del Duero.

Forman capas deleznales cuyo espesor oscila entre pocos centímetros a un metro, siendo graduales sus límites. Existen niveles cementados y otros con estructuras laminadas, que vienen impuestos por la alternancia de margas y arcillas. Ocasionalmente aparecen niveles de arenas blancas y amarillentas con estratificación cruzada en surco y niveles de *ripples*. Suelen ser bastante calcáreas, con un contenido en carbonatos entre el 25% y 75% y esporádicamente aparecen niveles arcillosos bastante puros. El contenido en arena siempre es menor del 15%, incluyendo un 10-35% de limo y entre 70-90% de arcilla. El porcentaje de sulfatos tanto en las arcillas como en las margas, es bastante bajo y no aparecen nunca cristales de yeso diagenético sueltos, ni rellenando fisuras.

Facies de semejantes características han sido atribuidas a los lagos carbonatados abiertos de bajo gradiente energético, los cuales se encuentran sometidos a importantes cambios en el nivel del mar.

Su contenido fosilífero es muy abundante en ostrácodos, que en ocasiones son auténticas "*ostracoditas*" en niveles ligeramente carbonatados, atribuidos al Mioceno medio, Orleaniense superior-Astaraciense.

1.3.1.4. Calizas y margas (11). Mioceno superior. Vallesiense

Un solo y pequeño afloramiento de esta unidad aparece en el ángulo suroccidental de la Hoja, como continuación de otro existente en la vecina de Cantalejo (nº 430).

Esta unidad da lugar a pequeños relieves en mesas de tonos claros a blancos, sin que se pueda realizar corte estratigráfico alguno, dado lo erosionado y alterado que se encuentran sus depósitos.

Aunque en la Hoja de Cantalejo se ha incluido esta unidad dentro de la serie aragoniense creemos que los depósitos carbonatados de ésta parte de la Cuenca del Duero son continuación por el sur de las grandes mesas de los páramos que se encuentran más hacia el norte; por lo que consideramos estos depósitos de edad Vallesiense y pertenecientes al ciclo superior de la Cuenca del Duero.

Afloran discordantes sobre los depósitos arcóscicos de la unidad 8 y se han diferenciado mediante un cambio litológico acusado, así como un cambio en la coloración. Los niveles inferiores son de naturaleza eminentemente margosa, siendo los del techo de predominio calcáreo.

No se han encontrado restos paleontológicos que permitan la datación de la unidad, que por criterios regionales ha sido adscrita al Vallesiense s.l.

1.4. CUATERNARIO

Los depósitos cuaternarios de la Hoja de Navas de Oro son muy abundantes ocupando prácticamente el 80% de su superficie. Independientemente de la edad de los mismos, se asocian a varios tipos de modelado, siendo el más representativo el relacionado con la acción eólica como son: los campos de dunas, el manto eólico y los cordones dunares. También son importantes los

sedimentos de origen fluvial: fondos de valle, conos de deyección y terrazas, así como los poligénicos, representados por la superficie de Coca-Arévalo. De menor importancia son los fondos endorreicos y los coluviones, relacionados con el modelado lacustre y el de laderas, respectivamente.

1.4.1. Arenas, arenas arcósicas y gravas de cuarzo. Superficie de Coca - Arévalo (12). Pleistoceno

Corresponde a la superficie de Coca, definida por PÉREZ GONZÁLEZ en 1979. Esta superficie que da lugar a extensas planicies en hojas vecinas, en la hoja de Navas de Oro, aparece solamente en el ángulo noroeste y en la zona centro-norte. El depósito que la caracteriza ha sido definido como "Facies Arévalo" por CORRALES et al (1978). Se trata de un depósito complejo debido a que en la formación del mismo intervienen al menos dos procesos: eólicos y fluviales, así pueden encontrarse secuencias canalizadas de origen fluvial, localmente interrumpidas por depósitos arcillosos o por dunas.

Las facies canalizadas están constituidas mayoritariamente por arenas de grano grueso con algunas gravillas y también arenas con limos micáceos correspondientes a las facies de inundación, las intercalaciones eólicas están constituidas por arenas arcósicas de tamaño medio a grueso y están bien seleccionadas. Su morfología es muy redondeada con gran proporción de granos mates. La proporción de limos y arcillas es muy escasa. El espesor es variable pero aquí no parecen superar los 7 u 8 m. La edad asignada a este conjunto es Pleistoceno medio.

1.4.2. Arenas, gravas y limos. Terrazas (13). Pleistoceno

Los depósitos de terrazas aparecen en los valles de los ríos Pirón, Eresma y Cega, reconociéndose un único nivel a +8 - 10 m. Están muy circunscritas a los valles debido al encajamiento de dichos cursos. Su litología se caracteriza por arenas arcósicas, gravas y limos. Las gravas son de cuarcita y cuarzo, granitoides y liditas. Se observan algunas estructuras sedimentarias propias del medio como son barras de gravas, canales arenosos, estratificación cruzada, etc. A techo suelen presentar un suelo pardo o pardo rojizo con colores 5 YR o 7,5 YR. La potencia total del depósito, oscila entre 2 y 4 m.

1.4.3. Arenas eólicas. Manto eólico, campos de dunas y cordones dunares (14, 15 y 19). Pleistoceno-Holoceno

Las acumulaciones de arenas, ya sea con una u otra morfología cubren la mayor parte de la superficie de la Hoja, sorprendiendo, sin duda, tanto la extensión como la potencia que a veces alcanzan. La actividad eólica, en la Cuenca del Duero, durante el Cuaternario ha sido tenida en cuenta por numerosos autores, entre los que destacan HERNÁNDEZ PACHECO (1923), CASAS Y LEGUEY (1971), ALCALÁ DEL OLMO (1972, 1974), GARCÍA ABBAD et al (1973) y PÉREZ GONZÁLEZ (1982).

Las arenas aparecen fundamentalmente sobre los materiales terciario, aunque pueden cubrir parcialmente materiales más antiguos, como sucede en el sector este, donde cubren parcialmente los granitos de San Cebrián. En general, estas arenas están fijadas por extensos pinares que a ve-

ces dificultan notablemente el estudio de los sedimentos. Su aspecto general es masivo, aunque en algunos perfiles pueden observarse laminaciones de todo tipo (cruzada, en surco, etc.) e incluso pequeñas cicatrices erosivas debidas a avalanchas locales. ALCALÁ DEL OLMO (1972) en su estudio sobre los arenales de Cuellar, define estas arenas como arcosas de grano medio, subredondeadas o redondeadas con gran proporción de granos mates. Entre los minerales pesados, la asociación reconocida es turmalina-granate-andalucita.

Por lo que se refiere a la edad de las arenas, los diferentes autores concluyen que la actividad eólica es bastante importante y continuada desde el Pleistoceno medio hasta la actualidad. Las arenas más recientes están sueltas y en las áreas de escasa vegetación, pueden sufrir removilizaciones actuales.

La potencia general del conjunto arenoso es muy variable. ALCALÁ DEL OLMO (1972) da para este sector una potencia de unos 4-5 m, pero en hojas contiguas se han llegado a medir hasta 10-15 m de espesor en áreas de coalescencia.

1.4.4. Limos y arenas con cantos y bloques. Coluviones (16). Holoceno

Al igual que los conos de deyección y debido a la topografía extremadamente plana son muy escasos limitándose a estrechas bandas en el fondo de los valles, paralelas al cauce. Están constituidos principalmente por arenas arcósicas con gravas, y cantos de cuarzo y cuarcitas. Hay que añadir que dada la intensa actividad eólica que ha existido en el área, no es raro encontrar pequeñas intercalaciones de arenas transportadas por el viento. La potencia que alcanzan es variable pero suele oscilar entre 2 y 5 m.

1.4.5. Arenas y limos arcillosos con gravas de cuarcita y cuarzo. Fondos de valle (18) y Conos de deyección (17). Holoceno

Además de los de los ríos Cega, Pirón y Eresma, la mayor parte de los fondos de valle corresponden a depósitos dejados por cursos estacionales y que han encajado poco en el sustrato, ya sean materiales terciarios, complejos dunares o la superficie de Coca - Arévalo. Están formados por arenas y limos arcillosos con cantos y gravas de cuarcita y cuarzo. La materia orgánica es muy abundante sobre todo en la parte superior donde se desarrolla un "suelo de vega". La potencia de estos depósitos oscila entre 1 y 3 m y se les asigna una edad holocena.

Con la misma litología aparecen los conos de deyección, poco frecuentes y de muy pequeño tamaño. Superficialmente no revisten importancia en comparación al resto de los depósitos cuaternarios. Su edad, al igual que los fondos de valle es Holoceno.

1.4.6. Arenas, limos, arcillas y materia orgánica. Fondos endorreicos (20). Holoceno

Aparecen distribuidos por toda la superficie de la hoja instalándose tanto sobre los sedimentos terciarios como en los complejos eólicos. Su forma más frecuente es ovalada pero también pueden ser algo más irregulares. En el fondo presentan arenas con abundante fracción fina y acumulaciones de materia orgánica. Ofrecen un color gris o negro, siendo frecuente la formación de suelos de tipo vértico a techo. Su origen se debe fundamentalmente al carácter extremadamente

te plano de la región, aunque no se descartan otras hipótesis como la subsidencia o las barreras que puedan formarse a partir de la actividad eólica.

1.4.7. Meandros abandonados. Arenas y limos (21). Holoceno

Son depósitos pertenecientes a la llanura de inundación de los ríos, si bien se han cartografiado como unidad independiente de ésta, dado que constituyen una morfología diferente. Son materiales pertenecientes a antiguos cauces fluviales actualmente abandonados. Se localizan en la llanura de inundación y suelen representar depósitos de meandro. Su litología es similar a la de la llanura de inundación, con un mayor contenido en finos. En epochs de intensas precipitaciones pueden ponerse en funcionamiento.

2. TECTÓNICA

La Hoja de Navas de Oro se encuentra ubicada en la Cuenca del Duero, estando su configuración estructural relacionada con los episodios de construcción de esta depresión y en particular con la evolución de su borde suroriental y del sector central.

La Cuenca del Duero es una cubeta de sedimentación rellena en su mayor parte, de sedimentos terciarios y cuaternarios con restos aislados de materiales mesozoicos bajo los cuales existe un zócalo Precámbrico-Paleozoico, éste último constituido por materiales rocosos de origen ígneo y metamórfico.

En la Hoja se reconocen los efectos de las orogénias hercínica y alpina. La última es la responsable de la actual configuración de la Cuenca del Duero y de la geometría actual del Sistema Central en forma de estructura levantada o *uplift* cabalgante sobre las cuencas terciarias limítrofes. La Hoja de Navas de Oro se localiza en la margen septentrional de esta estructura, donde ésta se encuentra semioculta por los depósitos neógenos de la Depresión del Duero, que dejan algunos macizos paleozoicos y mesozoicos aislados del resto del Sistema Central.

La orogenia hercínica es la responsable de las deformaciones principales y de los procesos metamórficos e ígneos que se registran en los materiales precámbricos y paleozoicos. Sin embargo los afloramientos de estos materiales, en la Hoja de Navas de Oro, son tan escasos que solo permiten realizar observaciones muy puntuales de las deformaciones hercínicas. Por esta razón se sugiere al lector consultar las hojas geológicas alledañas, especialmente la Hoja de Nava de la Asunción nº 456 y de Turegano nº 457, para una información más amplia de las mismas.

En todo el Sistema Central, la intensidad de las deformaciones y metamorfismo hercínico impide comprobar la existencia de estructuras relacionadas con tectónicas anteriores. No obstante, a escala regional se ha citado la posibilidad de un evento cadomiense que quedaría reflejado en el Macizo de Santa María La Real de Nieva, por la disposición discordante de los materiales cámbricos sobre su infrayacente precámbrico. (MACAYA et al, 1.991; AZOR et al, 1.992); atribuibles a este evento serían los procesos magmáticos ocurridos en las proximidades de este límite (BISCHOFF et al, 1.986). Mejor registro tiene la discordancia sárdica, entre materiales ordovícicos y preordovícicos, que se observa con facilidad en el mencionado macizo, así como en el dominio oriental del Sistema Central; en este caso también se reconoce una intensa actividad magmática próxima al tránsito Cámbrico-Ordovícico (VIALETTE et al.; 1.987) que tiende a relacionarse con los movimientos sárdicos.

2.1. LA DEFORMACIÓN HERCÍNICA

En el Sistema Central se reconocen tres fases principales de deformación hercínica y una o dos de plegamiento laxo, atribuidas a un régimen compresivo, a las que sigue una etapa extensional que da paso a la fracturación tardihercínica, también en régimen extensional y de desgarre.

Las tres primeras fases solo afectan a materiales metamórficos orto y paraderivados de la región, no existiendo registros de las fases de plegamiento laxo en el Macizo de Santa María La Real de Nieva, aunque si se citan en la vecina Hoja de Turégano (nº 457).

Según CASQUET et al (1.988), el emplazamiento de los granitoides del Sistema Central estarían controlados en parte por la fase extensional finihercínica subsecuente a la compresión. Este hecho ha sido corroborado por BERGAMIN et al, (1.988) explicando el emplazamiento de algunos granitoides deformados aflorantes al sur del macizo de Santa María (Hoja de Nava de la Asunción) inmediatamente después se produciría la fracturación tardihercínica.

* La primera fase hercínica responde a una cizalla simple que produce un fuerte plegamiento vergente al Este y una esquistosidad asociada muy penetrativa, como se ha podido comprobar en los afloramientos situados en San Cebrián, dentro de la Hoja de Navas de Oro. Sin embargo más hacia el suroeste y dentro del Macizo de Santa María (hoja de Nava de la Asunción) es aparentemente hacia el OSO, debido al efecto producido por la tercera fase, la cual produce a escala regional pliegues retrovergentes de gran envergadura.

Los pliegues mayores de la primera fase se pueden observar en los materiales ordovícicos que afloran en la Hoja de Nava de La Asunción, con orientaciones N-S e inmersiones de sus ejes entre 5º y 20º al N; se describen como pliegues cilíndricos y asimétricos. En el "Complejo Esquisto-Grauwaquico" infrayacente, los pliegues de ésta primera fase son más apretados y también presentan vergencias hacia el OSO, aunque con una notable dispersión en la orientación de sus ejes.

La primera fase de deformación produce una esquistosidad S_1 muy penetrativa que es plano axial de los pliegues anteriormente descritos y que en todo el Macizo de Santa María La Real de Nieva, como en los afloramientos de la Hoja de Navas de Oro, constituyen la fábrica principal a escala de afloramiento. Sus directrices son variables debido al efecto de las deformaciones posteriores, aunque se puede decir que tiene una dirección media de N80º a N150º con buzamientos entre 20º y 30º al norte.

* La segunda fase es simultánea y prolongación de la anterior, consecuencia del mismo proceso de cizalla simple, que para este caso se produce de manera heterogénea, concentrándose en bandas de cizalla donde la deformación es muy intensa. En estas bandas se desarrolla una esquistosidad S_2 muy penetrativa, la cual y frecuentemente traspone a la S_1 , haciéndola desaparecer frecuentemente a escala de afloramiento y quedando de forma relictas en algunos fenocristales. Tanto en el Macizo de Santa María, como en los afloramientos de la Hoja de Navas de Oro, y en concreto en los materiales gnéissicos, la S_2 parece la fábrica principal, con un marcado carácter milonítico, aunque no se descarta que se trate de la S_1 reaplastada durante la segunda fase (S_1+S_2).

En este contexto, las observaciones realizadas en los reducidos afloramientos de materiales metamórficos del borde oriental de la Hoja de Navas de Oro, son las siguientes:

- En la zona y alrededores del alto de San Cebrián, y sobre gneises glandulares y granitoides bandedados, con fuertes replegamientos internos e intercalaciones de cuerpos cuarcíticos de 10 a 15 cm de grosor, se ha medido una esquistosidad S_2 de $N35^\circ$ y un buzamiento de $N 190^\circ$. Los diques de cuarzo presenta una dirección de $N45^\circ$ y un buzamiento de $N80^\circ O$. Las glándulas de fedspato presentan marcas extensionales que a su vez se manifiestan plegadas. La fase se aprecia muy penetrativa en paquetes, existiendo sigmoides extensionales muy plegados. Los fenocristales de cuarzo se han transferido en venas de cuarzo; aparecen diques pegmatoides con crecimientos de turmalina radial.

* La tercera fase de deformación dio lugar a un episodio de plegamiento retrovergente generalizado y produjo una deformación intensa y penetrativa en amplios sectores del Sistema Central (MACAYA et al, 1.991). Localmente también produjo inversión de estructuras preexistentes tal y como ha ocurrido en el Macizo de Santa María La Real de Nieva, donde, como se ha mencionado anteriormente, la vergencia de los pliegues S_1 hacia el OSO se explica por el efecto de esta fase cuando su vergencia original sería hacia el E (Fig 2.1).

Tanto en el Macizo de Santa María como en el de Zarzuela del Pinar, las estructuras de esta tercera fase corresponden a pliegues de dirección NNO-SSE vergentes al OSO y a una esquistosidad de crenulación cuya distribución regional es heterogénea.

En la Hoja de Navas de Oro no se han observados otras fases ya tardías, aunque en el contexto del Macizo de Santa María y en gran parte del Sistema Central son mencionadas (Fig 2.1).

2.2. LA DEFORMACIÓN ALPINA

La ausencia de depósitos correspondientes al periodo comprendido entre el Pérmico y el Cretácico inferior permite suponer que el grado de incidencia que tuvieron determinados eventos tectónicos del ciclo alpino (estructuración de cuencas pérmicas, *rifting* triásico y finijurásico) en el Sistema Central fue nulo o muy atenuado. Estos eventos, sin embargo, si tienen un buen registro en áreas próximas, como por ejemplo al Este del Sistema Central en su entronque con la Cordillera Ibérica y al Norte, en la Sierra de Pradales.

ALONSO (1.981) y ALONSO y MAS (1.982) citan la existencia de un cierto control tectónico durante la sedimentación del Cretácico superior en el sector oriental del Sistema Central, de tal forma que la distribución de sus facies y la forma de las cuencas estaría condicionada por dos directrices fundamentales, $N110-120^\circ$ y $N 20-30^\circ$.

A tenor de la homogeneidad de la "facies Garum" a ambos lados del Sistema Central es de suponer que el levantamiento de éste comenzará ya entrado el Paleógeno (finales del Eoceno, según PORTERO y OLIVE, 1.983 y PORTERO Y AZNAR, 1.984) y continua de forma progresiva durante el Oligoceno y Mioceno inferior, condicionando la individualización definitiva de la Fosa del Tajo.

Es durante el Aragoniense cuando se produce la configuración definitiva del Sistema Central en forma de "estructura levantada" o *uplift* cabalgante sobre las cuencas limítrofes. Al hilo de lo expuesto VICENTE et al (1.991, 1.992 y 1.994) proponen un modelo general para la evolución alpina del Sistema Central. Las estructuras compresivas principales corresponden a cabalgamien-

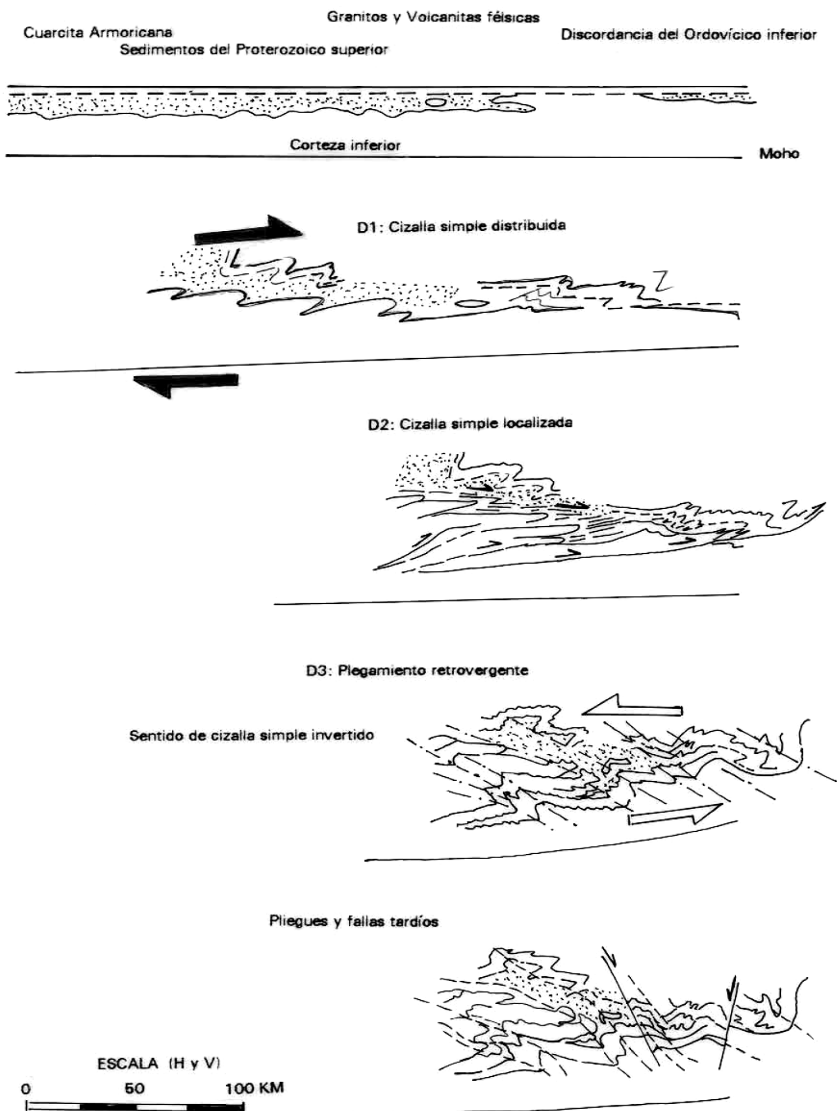


Figura 2.1. Secuencia evolutiva para la deformación hercínica en la sierra de Guadarrama. Según MACAYA et al (1.991).

tos de dirección N45° a N 80°, cuyo movimiento diferencial está regulado por fallas de transferencia con direcciones N130° (desgarres dextrales) y N20° (desgarres sinestrales). Estos cabalgamientos, en la parte septentrional del Sistema Central, se disponen de forma escalonada y con ángulos de inclinación medios a bajos.

Dentro del esquema general de vergencias, en esta parte del Sistema Central, son frecuentes los retrocabalgamientos que permiten la individualización de bloques levantados o pequeños *pop up*. Unos de estos bloques correspondería con el Macizo de Santa María La Real de Nieva y de Zarzuela del Pinar, en cuyos bordes meridionales se observa una orla de materiales cretácicos que presentan fuertes buzamientos e incluso inversiones en sus capas, como ocurre en las hojas de Navas de Oro y Cantalejo. Esta disposición de los materiales cretácicos permite interpretar este borde como el flanco inverso o verticalizado de un anticlinal vergente al SE, que muy probablemente refleja el funcionamiento de un cabalgamiento de elevado ángulo vergente en esta misma dirección.

Respecto a la edad de los movimientos alpinos, en esta parte del Sistema Central, existe una imprecisión bastante acusada, dada la mala correlación que todavía existe entre los diferentes depósitos terciarios. Se mantiene una heterocronía en la deformación con respecto al borde meridional de la cadena o Sistema Central. Mientras que en la parte meridional los depósitos aragoneses se encuentran muy afectados, en esta parte de la Cordillera Central no lo son tanto o su intensidad en la deformación no es tan evidente. Este hecho, también se podría explicar por la falta de conocimiento existente en la datación correcta de los depósitos terciarios de esta parte del Sistema Central.

2.2.1. Deformaciones neógenas

Las unidades miocenas que afloran en la Hoja presentan una disposición aparentemente horizontal ó subhorizontal, dando un relieve en formas de mesas, donde sus formas tabulares están culminadas por la Superficie de los Páramos (Hoja de Cuellar N°401).

La presencia de estructuras de plegamiento a escala kilométrica y discordancias mayores, junto a alineaciones a las que se adapta la red fluvial actual, sugiere en cierto modo la existencia de importantes fracturas en el zócalo Paleozoico-Mesozoico.

Considerando la totalidad de la Cuenca del Duero, su análisis cartográfico pone en evidencia una cierta pendiente, hacia el centro de la Cuenca, la cual aumenta progresivamente en las proximidades de los macizos montañosos.

Las estructuras de plegamiento a gran escala que pueden observarse en la región, se sitúan hacia el norte (Hoja de Roa, N° 345). Se trata del Sinclinatorio del Esgueva y del Anticlinorio del Duero. Son dos estructuras de orden kilométrico, puestas de manifiesto por criterios puramente cartográficos, ya que sus flancos poseen un buzamiento muy suave, menos de 5°. La dirección del eje de estos pliegues es de E-O a ENE-OSO, y en ellas se encuentran implicadas las unidades miocenas más altas (Calizas Superiores de los Páramos), por lo que su edad puede ser Turoliense superior e incluso Plioceno, si bien la dificultad para datar el techo de la Unidad Superior del Páramo impide fijar la edad de esta deformación con total certeza.

2.3. EVOLUCIÓN TECTOSEDIMENTARIA

El análisis de la evolución estructural de la Hoja, debe de tener en cuenta, sobre todo, además de los escasos y limitados datos de la misma, el contexto regional. La Cuenca del Duero, en cuyo sector centro-sur se encuentra situada la Hoja de Navas de Oro, comenzó a configurarse en el Paleógeno-Mioceno inferior, estructurándose sus bordes y en este caso su borde meridional (Sistema Central), como unidad más relacionada con el contexto de la Hoja.

En el sector oriental, es decir, en las estribaciones de Las Peñas de Cervera, Cuenca de Cameros y en parte de la Sierra de la Demanda, los materiales mesozoicos se distribuyen según ejes de dirección NO-SE. Aparecen depósitos paleógenos plegados en los bordes más meridionales (Sector de Covarrubias) fosilizados por sedimentos neógenos en disposición horizontal ó subhorizontal, que debidos posiblemente a accidentes del zócalo, presentan deformaciones locales en zonas marginales (zonas de borde).

En lo referente al borde meridional (Sistema Central), se detectan movimientos de elevación previa a la sedimentación del Vallesiense y al no existir niveles de despegue paleozoicos y mesozoicos, los materiales paleógenos se adaptan al sustrato, que a su vez presenta deformaciones rápidas, quedando en contacto con los terrenos graníticos y metamórficos del Sistema Central o bien cobijados en algunas ocasiones.

Las primeras manifestaciones tectónicas que prefiguran la estructuración de la Cuenca del Duero, debieron comenzar a finales del Cretácico y/o principios del Paleoceno (Fase Larámica), con diferentes eventos en intensidad y tiempo. El resultado de ésta tectogénesis es el final de la sedimentación marina mesozoica y la acumulación de sedimentos detríticos que orlan los relieves construidos.

Por el momento existe un total desconocimiento sobre si la zona en donde se emplaza la Hoja de Navas de Oro tuvo un comportamiento como área positiva, es decir, levantada, o si durante el Paleógeno tuvo lugar cualquier tasa de sedimentación. Los datos proporcionados por el Sondeo de Campaspero, en la Hoja de Cuellar (ENRESA, 1.974), no cuentan con argumentos suficientes como para aclarar la presencia de materiales de esa edad. En cambio hacia la zona occidental (sondeos de Valoria, La Seca y Olmos. J.E.N. 1.978) se observa la presencia de sedimentos detríticos sobre materiales mesozoicos en la base de un episodio carbonatado, que bien pudiera pertenecer al Paleógeno.

Los diferentes autores que han trabajado en la Cuenca del Duero, parecen coincidir en reconocer que a finales del Mioceno inferior se configura y comienza a adoptar en sus límites una geometría muy parecida a la actual.

Excepción hecha de las deformaciones anteriormente expuestas, la mayor parte de la Cuenca del Duero, sobre todo en su parte central, tiene un marcado carácter atectónico. De todas formas, algunos autores han querido ver en las direcciones de cambios de facies y en la rectilinidad de la red fluvial (ríos Eresma, Pirón y Cega) con ejemplos de encauzamientos y cambios bruscos en la dirección (Codos del Duero), los reflejos de fracturas del zócalo.

La geometría de los bordes durante esos tiempos es atribuible a la fase neocastellana (Límite Ageniense-Aragoniense) (AGUIRRE et al , 1.976), si bien la actividad tectónica en relación con es-

te nuevo ciclo se debió iniciar antes, posiblemente a finales del Oligoceno, durante la fase Castellana (Sueviense-Arverniense) (PÉREZ GONZÁLEZ et al, 1.971).

Durante el Neógeno parece iniciarse una etapa distensiva a nivel cuencal que, aparentemente y según la mayoría de los autores, durante el Mioceno medio y superior, no va a tener ninguna repercusión e implicación en cuanto a deformación se refiere. Solo las zonas de borde se verían afectadas por fallas inversas de tipo compresivo que pueden llegar a afectar localmente a los depósitos conglomeráticos adosados a los relieves mesozoicos. Estas reactivaciones se producen en varias fases separadas por etapas de relajación distensivas que profundizan y amplían la cuenca.

Algunos autores sitúan la siguiente fase tectónica a finales del Mioceno (ARAGONÉS, 1.979). Otros denuncian movimientos intravallesienses con reactivaciones en los marcos montañosos en las zonas de borde (GARCÍA RAMOS et al., 1.982), basados en la presencia de abanicos de composición litológica diferentes a los infrayacentes, lo que implicaría cambios de procedencia tanto en las direcciones de aporte como del área madre. Esta actividad intravallesiense (Fase Ática) se pone de manifiesto en la Hoja de Roa, (nº 345) deformando el ciclo sedimentario "Unidad detrítica de Aranda-Calizas inferiores de los Páramos". Estos movimientos podrían relacionarse con la tectónica finivallesiense que se detecta en las cordilleras alpinas de la península.

La presencia de distintas unidades deposicionales o tectosedimentarias, marcadas por diferentes discontinuidades en el Neógeno aflorante, concretamente en el Mioceno medio-superior del sector central de la Cuenca del Duero, ponen en evidencia una serie de movimientos y reactivaciones que marcarían las diversas interrupciones sedimentarias y ciclos deposicionales. No obstante estas discontinuidades que tienen un carácter regional, presentan manifestaciones diferentes de unos puntos a otros, resultando a veces difícil de ser localizadas, bien por la convergencia de facies de los depósitos infra y suprayacentes, bien por la homogeneidad de los ambientes sedimentarios en los que ambos se depositaron.

En clara discontinuidad sobre los depósitos paleógenos y neógenos inferiores aparece un nuevo ciclo sedimentario de edad Orleaniense-Astaraciense (Facies Tierra de Campos, Facies Dueñas, etc). Este ciclo está representado por los sedimentos más antiguos que afloran en la Hoja y en la región. Se instala a partir de un evento tectónico que se caracteriza por una fracturación y deformación a nivel regional de gran radio, amén de un cambio en las condiciones climáticas y paleogeográficas.

Aunque resulta difícil de observar la posible discordancia, a nivel puntual, a veces se aprecian en lugares muy concretos, fenómenos de fracturación sinsedimentaria y cuerpos "*slumpizados*" que serían precursores e indicadores de una inestabilidad en la cuenca.

En otros sectores más lejanos como en las proximidades de Burgos (Castrillo de Val), SÁNCHEZ BENAVIDES et al (1.989) señalan una discontinuidad a techo de ésta unidad, en ella se incluyen procesos de karstificación asociados, los cuales indican la interrupción de la que se habla, situándola en el Aragoniense superior.

A comienzos del Vallesiense parece tener lugar otro episodio tectónico también importante que va a motivar la deformación de las series detríticas y carbonatadas que constituyen el ciclo de las Calizas Inferiores del Páramo y que tienen distintas manifestaciones (discordancia del Castrillo de Val ó Tortoles de Esgueva) en la Hoja de Roa (nº 345).

Esta discontinuidad intravallesiense, atribuida a la Fase Ática, podría relacionarse como ya se ha dicho con la citada por otros autores en diferentes cuencas continentales de la submeseta meridional. En este caso, ésta fase tectónica se manifestaría además de con una deformación regional y con una configuración paleogeográfica algo diferente, a la que antes existía, con procesos de erosión y karstificación asociados y afectando a la serie miocena infrayacente. A continuación se produce una fase distensiva que produce depresiones tectónicas en las que se instalan los sistemas fluviales que originan los depósitos detríticos del Mioceno superior.

La presencia de una unidad sedimentaria suprayacente en un segundo nivel de las Calizas de los Páramos, de carácter geográfico algo más restringido, implica deformaciones y fracturaciones locales que actuarían como condicionantes paleogeográficos de este segundo ciclo.

La superficie de colmatación del ciclo "Calizas Superiores de los Páramos" se ve afectada de nuevo por una fase de deformación, que daría lugar a geometrías de gran radio sobre las Calizas de los Páramos, acompañadas por procesos de fracturación y elevaciones en los relieves del borde. Esta fase compresiva podría ser una pulsación tardía de la Fase Ática o bien podría relacionarse con la Fase Iberomanchega I de AGUIRRE et al. (1.976). Según estos autores la edad de la deformación podría ser Turolense superior-Plioceno basal o situarse en el Plioceno medio.

Todo lo expuesto hasta ahora trae consigo el desarrollo de una superficie de erosión con procesos de karstificación incluidos (Superficie del Páramo). Al mismo tiempo hacia el interior de la cuenca predominarían los procesos atectónicos de carácter erosivo (PÉREZ GONZÁLEZ, A., 1.979).

Una nueva reactivación tectónica así como un cambio climático, difícil de precisar en la escala del tiempo (Fase Iberomanchega II) daría lugar al desarrollo de un nuevo ciclo sedimentario, que marcaría el inicio del Cuaternario, de carácter fluvial y exorreico, con la implantación de la red fluvial actual, cada vez más restringida y encajada. El encajamiento de la red es consecuencia directa de estos últimos movimientos, concretamente del levantamiento brusco de un gran bloque en la zona meridional de la cuenca. Otro tanto ocurre con el basculamiento hacia el oeste de la Superficie de los Páramos.

Excepción hecha de las deformaciones anteriormente citadas, la interpretación a partir de fotografía satélite, permite deducir una serie de lineamientos de significado dudoso, los cuales se pueden agrupar en varios sistemas, entre los que destaca el de N 30°-E, Alineación del Pisuerga-Falla de Vitoria. Esta alineación ha sido comprobada por los equipos de geofísica del I.T.G.E., quienes han detectado otro gran accidente paralelo, que pasa por Cuellar y Norte de Arévalo, con bloque hundido hacia el oeste, delimitándose así un importante *graben* en la zona de Madrigal de las Altas Torres.

Es posible, que los sedimentos detríticos afines a la "Raña", que se encuentran en zonas próximas a la Hoja, estén ligados a esta última actividad tectónica, con lo que estarían relacionados con las etapas iniciales del establecimiento del exorreísmo en la Cuenca del Duero.

Por último, hay que resaltar algo a cerca de los deslizamientos rotacionales que dan origen a pequeñas fallas en las laderas de los páramos, y es su posible relación con las fases climáticas húmedas acaecidas durante el Holoceno.

3. GEOMORFOLOGÍA

3.1. DESCRIPCIÓN FISOGRÁFICA

La Hoja a escala 1:50.000 de Navas de Oro (429) pertenece casi en su totalidad a la provincia de Segovia, a excepción de un pequeño sector de aproximadamente 20 km² en la esquina noroeste que forma parte de la provincia de Valladolid. Se trata concretamente del municipio de Iscar. Fisiográficamente, se sitúa en el sector meridional de la Cuenca del Duero, en su límite con el Sistema Central. Administrativamente pertenece a la Comunidad Autónoma de Castilla-León.

En un recorrido general por la Hoja se aprecia una gran monotonía en el paisaje, que se caracteriza por las inmensas planicies de arenas y pinares, sólo interrumpidas por algún pequeño relieve o por las disecciones producidas por los principales valles. La altura media es de aproximadamente 800 m, oscilando entre 750 m en la esquina NO hasta 917 m, al Este, en la pequeña elevación conocida como San Cebrián, punto más alto de la Hoja. Como se observará, el relieve, aunque totalmente plano, asciende muy suavemente desde el NO hasta el SE.

La red de drenaje se articula fundamentalmente en torno al río Pirón que con un curso mitad rectilíneo, mitad sinuoso, atraviesa prácticamente la hoja en diagonal con una dirección SE-NO, destacando entre sus afluentes por la derecha el río Malucas. Hay que señalar también la presencia de dos importantes cauces como son el Cega y el Eresma, aunque su corto recorrido por los cuadrantes NE y SO de la hoja, lleva a mencionarlos en segundo lugar. Curiosamente, al igual que el Pirón, el Malucas y la mayoría de los cursos del sector, ofrecen una dirección SE-NO. También hay que tener en cuenta que las divisorias no están siempre bien definidas, existiendo una cierta tendencia al endorreísmo por lo que son frecuentes las zonas húmedas con lagunas estacionales, destacando las lagunas Seca, Larga, Prado Mavaca, de Navaza, del Roderro y de la Salida, la mayoría de ellas situadas en el sector central de la Hoja.

El principal núcleo de población lo constituye Navas de Oro, situado en el cuadrante SO, muy próximo al río Cega. Le sigue en importancia Sanchenuño, Gomezseracín y Navalmanzano. Un tercer grupo lo constituyen una serie de pequeñas poblaciones como Fresneda de Cuéllar, Narros de Cuéllar, Samboal, Campo de Cuéllar, Chatún, Pinarejos, Mudrian y Fuente el Olmo de Iscar.

La red de comunicaciones es buena debido a la suavidad del relieve. Destaca la carretera nacional N-601 que une Madrid con León, pasando por Segovia, existiendo además una serie de carreteras locales revestidas, que ponen en total comunicación unos pueblos con otros. Completan esta red, carreteras locales sin revestir y un gran número de caminos y pistas que hacen posible el acceso a casi la totalidad de la superficie de la Hoja.

La vegetación es muy abundante y está constituida en su mayoría por pinos cuyo desarrollo es muy favorable en terrenos arenosos, como es el caso. Desde antiguo todo este sector, unido al de hojas adyacentes, se conoce como "Tierra de pinares". La abundancia de este tipo de vegetación ha provocado la apertura de numerosos cortafuegos como se puede observar en el mapa topográfico. Son también frecuentes el matorral y el monte bajo.

La principal fuente de riqueza es la ganadería y en un lugar muy posterior la agricultura. De reciente creación es la industria chacinera. También constituyen fuente de ingresos la madera y la explotación de algunos arenales.

Para finalizar, características climatológicas del área, corresponden al Dominio Mediterráneo Templado, con influencia continental, con precipitaciones medias comprendidas entre 600 y 400 mm y temperaturas medias entre 11 y 12°C.

3.2. ANTECEDENTES

Los trabajos geomorfológicos relacionados con este sector son bastante numerosos, pero su mayoría son de carácter regional, tanto si se trata del Sistema Central o del borde meridional de la Cuenca del Duero.

Por lo que se refiere al Macizo Cristalino, existen diversas publicaciones, tanto clásicas como recientes, pero apenas se tienen en cuenta, en este apartado, debido a la presencia minoritaria del mismo. El único afloramiento de importancia aparece en el borde este de la Hoja, en San Cebrián, continuando por la hoja de Cantalejo, adyacente por el este. Corresponde a las estribaciones nororientales del Macizo de Santa M^a la Real de Nieva, conocidas como Macizo de la Zarzuela. En este sentido, y por lo que respecta a los estudios geomorfológicos, resulta de gran interés en la región la tesis doctoral de FERNÁNDEZ (1988) efectuada entre el Sistema Central y el Macizo de Santa María la Real de Nieva.

Con respecto a los aspectos geomorfológicos de la cuenca y a las formaciones superficiales, han merecido especial atención los depósitos y el modelado eólicos, debido a la gran cantidad de arenas transportadas por el viento que se han acumulado en esta región. Varios son los autores que ya en el siglo pasado y a comienzos de éste, hacen mención a los arenales de la provincia de Segovia; entre ellos hay que destacar a CASIANO DEL PRADO (1854), CORTÁZAR (1891), MALLADA (1911) y HERNÁNDEZ PACHECO (1923). Más recientemente ALCALÁ DEL OLMO (1974) aporta numerosos datos sobre la composición mineralógica y características texturales de estos depósitos.

Existen otra serie de trabajos de carácter más general, en los que se aborda el problema de las arenas eólicas de la España interior. Son los de CASAS y LEGUEY (1971), CASAS, LEGUEY y RODRÍGUEZ (1972), ALCALÁ DEL OLMO (1972 y 1975) y PÉREZ GONZÁLEZ (1982).

Finalmente la realización, en los últimos años, de las hojas M.A.G.N.A de Peñafiel (374), Portillo (400), Olmedo (428), Arévalo (455) y Navas de la Asunción (456) aporta numerosos datos sobre la extensión y naturaleza de estos depósitos, así como las diferentes morfologías con las que se presentan. También la confección del Mapa del Cuaternario de España, a escala 1:1.000.000, por el I.T.G.E. permite conocer la distribución y límites de los sedimentos eólicos de la Meseta.

3.3. ANÁLISIS MORFOLÓGICO

El relieve de una región es consecuencia de varios aspectos, como son: La naturaleza del sustrato, la disposición del mismo y la actuación de los procesos externos. Los dos primeros están relacionados con la geomorfología estática o estructural y el último con la geomorfología dinámica. Las características de unos y otros son las que se describen a continuación.

3.3.1. Estudio morfoestructural

Desde el punto de vista morfoestructural la Hoja de Navas de Oro pertenece casi en su totalidad a la Cuenca del Duero, a excepción de algunos afloramientos, en el sector este, que constituyen

los más nororientales del Macizo de Santa María la Real de Nieva, perteneciente al Sistema Central y que separa esta zona del corredor de Cantalejo, en la contigua hoja del mismo nombre.

La estructura general de la región se caracteriza por la existencia de un zócalo antiguo, de edad Precámbrico-Paleozoico con un mesozoico que lo reviste y que, en la tectónica de compartimentación de bloques, se comporta solidariamente con él. Los bloques, por lo general, están orientados NE-SO y tanto el zócalo como el tegumento aparecen en las áreas levantadas; éste sería el caso del afloramiento granítico de San Cebrián. Por el contrario, en los sectores hundidos, es donde se produce la sedimentación terciaria.

En la Hoja de Navas de Oro el relleno terciario está constituido por conglomerados, areniscas, arcillas y margas con algunos niveles de calizas. Su disposición es horizontal, aunque se observa una ligera inclinación al NO.

En estas condiciones, y con una escasa incisión de la red fluvial, las formas estructurales son bastante escasas y de pequeña envergadura. No obstante se pueden observar escarpes estructurales en las márgenes de los ríos Cega y Eresma, que nunca superan los 50 m, replanos estructurales formados a favor de los niveles más competentes y pequeños cerros cónicos. Los replanos estructurales son frecuentes en la mitad meridional de la hoja, localizándose al noreste de la localidad de Navas de Oro y muy próximos a ella, además de en los parajes de Piquillo, San Roque, siete Encinas y Temeroso, todos ellos en el cuadrante SE. Los cerros cónicos también aparecen en las cercanías de Navas de Oro y de Fuente del Olmo Iscar.

Por lo general son formas muy suaves y de pequeñas o medianas dimensiones, pero que sobresalen discretamente sobre la llanura topográfica. Fuera de la cuenca, y sobre los materiales graníticos, se ha diferenciado un dique que da lugar a un relieve positivo sobre el afloramiento.

Para finalizar, conviene hacer algunas consideraciones sobre la morfología de la red de drenaje, pues en ocasiones delata con facilidad la existencia de zonas de debilidad preferentes, basculamientos, subsidencias o elevaciones. Estos hechos pueden detectarse por la existencia de tramos muy rectilíneos en determinadas direcciones, drenajes orientados en un único sentido, tendencia a zonas con drenaje deficiente, etc. En concreto en la Hoja de Navas de Oro, la dirección preferente y la que ocupan los cauces principales y los tramos más largos es la SE-NO, lo que podría indicar un basculamiento general de la zona hacia el NO. Este hecho parece confirmarse, pues los sedimentos terciarios también se encuentran inclinados en esta dirección. A continuación se observa la familia ESE-ONO que corresponde en su mayoría a cauces secundarios. Finalmente se observa una tercera familia que oscila entre NE-SO y ENE-OSO que no refleja exactamente tramos rectilíneos, sino zonas de concentración de flujo, cambios bruscos en el perfil longitudinal de los ríos, etc. Esta dirección coincide con la general del Sistema Central y, de alguna forma, con el escalonamiento de bloques hacia la Cuenca del Duero.

Todo ello indica que es muy probable que los movimientos tectónicos hayan continuado durante el Cuaternario, aunque de forma suave, elevando o hundiendo bloques o dando lugar a pequeños basculamientos como lo sugieren la asimetría de ciertos valles o el brusco encajamiento de algunos cauces en zonas determinadas.

3.3.2. Estudio del modelado

El estudio del modelado es el que se refiere fundamentalmente a la variedad de formas y procesos que caracterizan un área determinada, debido a la actuación de los agentes externos sobre un sustrato. En este caso sobre el descrito en el apartado anterior.

La Hoja de Navas de Oro tiene un modelado de carácter eólico, casi en su totalidad, aunque también son de importancia las formas fluviales y las poligénicas. Las formas de gravedad y las lacustres, aunque de menor envergadura, completan el aspecto morfológico de la Hoja.

3.3.2.1. Formas eólicas

Son las más abundantes en esta Hoja, ofreciendo una gran variedad de depósitos.

La actividad eólica en la Cuenca del Duero durante el Cuaternario es conocida desde muy antiguo y ha sido citada por numerosos autores como HERNÁNDEZ PACHECO (1923), CASA y LEGUEY (1971), ALCALÁ DEL OLMO (1972, 1975), GARCÍA ABBAD (1974) y PÉREZ GONZÁLEZ (1982), entre otros.

Las arenas se sitúan fundamentalmente sobre los materiales terciarios existentes, aunque pueden cubrir parcialmente materiales más antiguos como sucede al este de la hoja, donde aparecen tapando los granitos de San Cebrián. También lo hacen sobre la superficie de Coca-Arévalo que se describirá más adelante, en este mismo apartado. Por lo general están fijadas por extensos pinares, lo que a veces dificulta su estudio, sin embargo el estudio detallado de la foto aérea ayuda enormemente a la diferenciación de morfologías.

Como puede observarse en el mapa, se han cartografiado diversas formas de acumulación y de erosión. Entre las de acumulación se distinguen: el manto eólico, los complejos dunares y los cordones de dunas. El manto eólico constituye un recubrimiento arenoso, bastante homogéneo, compuesto por arenas silíceas blancas con pocos finos. Su aspecto es masivo y la potencia es bastante variable, pues aunque aquí se estima entre 1 y 5 m, en hojas contiguas, como en la de Portillo (400), se afirma que pueden alcanzar hasta 10-15 m. Es muy probable que su gran homogeneidad sea debida a que constituyen los materiales eólicos más antiguos y que con el paso del tiempo han sufrido diversos arrasamientos y una degradación generalizada de las formas, es decir, podrían corresponder a antiguos complejos dunares, actualmente arrasados. Se localizan mayoritariamente en una franja de dirección NO-SE que atraviesa prácticamente toda la Hoja; también lo hacen en las esquinas NE y SO, en relación con los valles del Cega y Eresma.

Los campos de dunas, son otra de las formas de acumulación que ofrecen gran desarrollo en superficie. En la hoja de Navas de Oro ocupan gran parte del cuadrante SO y un sector importante del cuadrante NE. De alguna manera los afloramientos cartografiados, al igual que el manto eólico, tienen la misma dirección, es decir NO-SE. El tipo más frecuente son las dunas parabólicas que en ocasiones presentan sus ramas coalescentes, y la orientación de las mismas indica la dirección del viento dominante procedente del SO. A veces las dunas son de gran tamaño y pueden cartografiarse como formas aisladas o caulescentes, dando grandes acumulaciones, en bandas perpendiculares a la dirección del viento que se conocen como cordones dunares. Los más

espectaculares aparecen en el cuadrante NE de la Hoja, aproximadamente al E y NE de Pinarejos y en la margen derecha del río Pirón, al SO de San Martín y Mudrian.

La eolización produce otra serie de manifestaciones entre las que se destacan los ventifactos o cantos facetados labrados por el viento, lo que les confiere un pulimento muy característico. Por otra parte, la forma erosiva por excelencia la constituyen las "cubetas de deflación". Son formas deprimidas, en general de contorno ovalado y pequeñas dimensiones, pues rara vez sobrepasan el kilómetro cuadrado. Lo más frecuente es que estén abiertas por el lado donde viene el viento. Su fondo suele estar tapizado por un finísimo recubrimiento limo arenoso y evidencian estar sometidas a un intenso proceso de sobrecavación. A veces estas cubetas sirven de base para la formación de pequeñas zonas endorreicas o incluso lagunas estacionales.

3.3.2.2. *Formas fluviales*

Dentro de este grupo, son tres las formas de acumulación: los fondos de valle, las terrazas y los conos de deyección.

Entre los fondos de valle destacan los de los ríos Pirón y Eresma puesto que constituyen la red principal, siendo además los cauces que han producido un mayor encajamiento. El resto de los fondos de valle corresponden actualmente a cauces estacionales y, sus depósitos, se encuentran débilmente encajados sobre la superficie de Coca-Arévalo, sobre el manto eólico, sobre los campos de dunas o sobre los sedimentos terciarios. No suelen ser muy anchos, salvo excepciones, y tienen en común que son bastante rectilíneos y casi una misma dirección, SE-NO, lo que parece indicar una cierta inclinación de todo el sector hacia el NO. También hay que señalar que con frecuencia, estos cauces son cortados por las arenas eólicas dando lugar a zonas de mal drenaje. Dadas las características del relieve de la región, de gran planitud, se observan algunos hechos en la red que merece la pena destacar como son: cauces obsecuentes como sucede en las proximidades de Navalmanzano, y fondos entrelazados, muy frecuentes en el cuadrante NE. Todo ello hace pensar en unas divisorias muy poco definidas y quizás en algunos pequeños movimientos tectónicos recientes que contribuyen en algunos puntos a definir estas particulares condiciones del drenaje.

Por lo que a las terrazas se refiere, sólo aparecen en los valles del Eresma, Pirón y Cega. En general están muy circunscritas al valle debido al encajamiento del mismo. Los afloramientos son alargados y de pequeñas dimensiones. Se reconoce un sólo nivel con una cota sobre el cauce del río de +8 - 10 m. El dispositivo morfológico que presenta es el de terrazas colgadas, ofreciendo un eskarpe muy neto. No se descarta la posibilidad de que exista un nivel más alto, actualmente enterrado por los complejos dunares o por el manto eólico, dado que en algunos puntos del río Pirón quedan huellas, en los depósitos de arena, de la existencia de antiguos cauces, actualmente abandonados.

Por último, y dentro de las formas de acumulación, faltan por citar los conos de deyección. Son de muy pequeño tamaño y aparecen casi exclusivamente en el valle del río Pirón, a la salida de pequeños cauces que desembocan en él.

Las formas erosivas más frecuentes son la arroyada difusa y la erosión lateral del cauce, esta última muy frecuente en algunas curvas y meandros del río Pirón. Hay también algún tramo del Eresma donde se han reconocido procesos de incisión vertical.

3.3.2.3. *Formas de ladera*

Los únicos representantes de este grupo son los coluviones, originados fundamentalmente a partir de los sedimentos terciarios. Están constituido en general por arenas arcósicas con gravas y cantos de cuarzo y cuarcita. Son muy escasos debido al suave relieve de la hoja y a los pequeños desniveles. Debido a la acusada actividad eólica, no es raro encontrar pequeñas intercalaciones mínimas de arenas transportadas por el viento. Morfológicamente dan pequeñas y estrechas bandas al pie de algunas laderas.

3.3.2.4. *Formas lacustres*

Se originan por diversas causas y son dos fundamentalmente: Fondos endorreicos y Lagunas estacionales. En realidad la génesis de ambas es la misma, sólo que las primeras corresponden a un estadio más evolucionado que las segundas.

Aparecen distribuidas por toda la superficie de la Hoja y se instalan tanto sobre los materiales terciarios como en las superficies o en los complejos dunares.

Las lagunas estacionales, por lo general, aparecen con agua en el invierno, debido a la subida del nivel freático. Son de muy pequeño tamaño y su forma es redonda u ovalada y muy frecuentes en el sector centro-septentrional, destacando entre otras las lagunas Seca, de Enmedio, de la Huelga, Carravilla y Lagunes.

Los fondos endorreicos son de mayor tamaño y también pueden acumular algo de agua en su sector central en épocas de lluvia. Presentan en su fondo depósitos de arenas con abundante fracción fina y acumulaciones importantes de materia orgánica. El color general que ofrecen es gris o negro, siendo habitual que desarrollen a techo suelos de carácter vértico.

Entre las causas que contribuyen a la formación de estas morfologías pueden sugerirse varias. En primer lugar la escasa pendiente de la región a la que se une el poco encajamiento de algunos cauces. No hay que olvidar que muchas de estas formas están relacionadas con fondos de valle. Los procesos eólicos también participan en su génesis, al dar lugar a formas deprimidas y a veces cerradas como son las cubetas de sobrecavación y los surcos interdunares. Finalmente, y como ya se sugiere en la contigua Hoja de Cantalejo (430), no se descarta la posibilidad de movimientos tectónicos recientes que den lugar en la región a áreas de subsidencia.

3.3.2.5. *Formas poligénicas*

En este grupo de formas poligénicas se han incluido una superficie con depósito que se asimila a la superficie de Coca-Arévalo (superficie de Coca de PÉREZ GONZÁLEZ, 1979) por su relación con la misma en las contiguas Hojas de Portillo (400), Olmedo (428) y Arévalo (455).

Se trata de una superficie con depósito situada, dentro de la Hoja, entre los 750 y 820 m y constituye una extensa planicie que desciende de forma suave hacia el NNO, con una pendiente aproximada del 2-3%. Los depósitos que caracterizan esta superficie presentan características fluviales de tipo "braided" aunque se suelen encontrar intercalaciones locales de arenas eólicas. Los autores que la han definido coinciden en que se trata de "una superficie compleja de génesis

problemática en la que pueden haber intervenido procesos de glaciación previos a la instalación de la red trezada, acompañada de dunas periglaciales". En la Hoja de Navas de Oro puede observarse en la mitad norte y más concretamente en el sector centro-septentrional. Sus características litológicas y texturales se detallan más adelante en el capítulo correspondiente a las formaciones superficiales.

3.3.3. Formaciones superficiales

Se definen como formaciones superficiales todos aquellos materiales no coherentes que han sufrido, o no, una consolidación posterior y que están ligados directamente con la evolución del relieve. Por lo general tienen poco espesor (de unos decímetros a pocas decenas de metros) y nunca han sido recubiertas por grandes acumulaciones de sedimentos. Tienen una edad comprendida entre el Plioceno y el Cuaternario, aunque en ocasiones pueden ser algo más antiguas.

La principal característica que deben de tener es su cartografiabilidad a la escala de trabajo y en general se definen por una serie de atributos como geometría, naturaleza, textura, espesor, tamaño, génesis y, en algunos casos, cronología.

Dentro de la hoja, las formaciones superficiales ocupan un gran porcentaje de la superficie y pueden asociarse a cinco tipos diferentes de modelado: eólico, fluvial, lacustre, de ladera y poligénico.

Las formaciones superficiales de carácter eólico han sido ampliamente descritas en el apartado correspondiente al modelado, por lo que aquí se describirán simplemente su litología, textura, estructura y espesor. La abundancia de depósitos eólicos en la provincia de Segovia ha aportado bastante literatura al respecto, habiendo sido estudiados por CASAS y LEGUEY (1971), CASAS, LEGUEY y RODRÍGUEZ (1972) y ALCALÁ DEL OLMO (1972 y 1975). Este último autor aporta numerosos datos acerca de las características texturales y mineralógicas de estos sedimentos. Así, señala un predominio de las arenas finas (0,5 - 0,2 mm) y de la fracción arena muy fina (0,2 - 0,05 mm). Los limos, arcillas y gravas (fracción mayor de 2 mm) tienen muy escasa representación con porcentajes medios de 3-4%. En cuanto a la composición mineralógica de la fracción ligera, indica el predominio del cuarzo con porcentajes entre el 52 y el 68%, seguido del feldespato potásico y, en menor proporción, de los calcosódicos, que no superan el 8%. La asociación de minerales pesados reconocida por ALCALÁ DEL OLMO (op.c.) es turmalina-granate-andalucita.

En la contigua Hoja de Olmedo, los numerosos análisis realizados coinciden con los datos de ALCALÁ DEL OLMO pero, para este sector en concreto, puntualiza que los tamaños medios de las arenas oscilan entre 0,25 y 1 mm y que la proporción de finos (limos + arcillas) no supera en ningún caso el 10%. Litológicamente define estas arenas como arcosas de grano medio, subredondeadas o redondeadas, con gran proporción de granos mates. Según PÉREZ GONZÁLEZ (1979) existen al menos dos fases eólicas principales, separadas por un horizonte edáfico de acumulación de arcillas. Para el autor, la arena más antigua es algo más arcillosa debido a la concentración de finos por oscilaciones del nivel freático.

Por otra parte, el aspecto general de las arenas es masivo, pero ahí donde existen cortes, como puede ser en algunas explotaciones, se observan laminaciones de todo tipo (cruzadas, en surco) e incluso pequeñas cicatrices erosivas debidas a avalanchas locales.

La potencia de estos depósitos es bastante variable, ALCALÁ DEL OLMO (1972) da una media para el sector de 4-5 m, pero en las hojas contiguas se han llegado a medir hasta 10-15 m en áreas de coalescencia. Sobre estos materiales es frecuente el desarrollo de suelos lixiviados que, a unos cuantos centímetros de la superficie, presentan un pequeño horizonte arcilloso. Por lo que se refiere a la edad no existen datos concretos, pero los diversos autores asignan para todo el conjunto eólico una edad que iría desde el Pleistoceno medio hasta nuestros días.

Siguiendo con las formaciones superficiales de carácter fluvial, se considerarán los fondos aluviales y las terrazas. Los primeros pertenecen, por lo general, a depósitos dejados por cursos estacionales que han encajado poco en el sustrato. Atraviesan sedimentos terciarios, complejos dunares e incluso la superficie de Coca-Arévalo. Están formados por arenas y limos arcillosos con cantos y gravas de cuarcita y cuarzo y materia orgánica abundante, ofrecen espesores entre 1 y 3 m y a techo, desarrollan suelos aluviales con bastante material orgánico que lateralmente pasan a suelos pardos o suelos de carácter vértico. La edad asignada a estos depósitos es Holoceno.

En cuanto a las terrazas se puede decir que están constituidas por arcosas, en las que dominan los feldespatos potásicos sobre los calcosódicos con cantos y gravas de cuarcita, cuarzo, granitoides y lilitas. Otras observaciones realizadas en campo, muestran que el 80-90% del depósito no supera el tamaño de 2 cm. En la fracción superior a 2 cm, es muy abundante el cuarzo, existiendo también fragmentos de granitoides y rocas metamórficas. El centilo suele estar entre los 8 y 10 cm. Por otra parte la fracción arenosa puede llegar al 60%. Desarrollan a techo un suelo pardo, pudiendo a veces llegar a ser pardo rojizo (5 YR o 7,5 YR). Un hecho que ya se señala en las hojas adyacentes de Portillo (400), Olmedo (428) y Arévalo (455), y que también se ha observado en esta de Navas de Oro, es que en las terrazas, los feldespatos se conservan frescos e incluso subidiomorfos, lo que indicaría una escasa alteración durante el transporte y la sedimentación.

Finalmente, se reconocen estructuras sedimentarias características de un medio "*braided*" barras de gravas, estratificación cruzada en surco, canales de arena, etc. La edad asignada a estos depósitos es Pleistoceno superior, aunque podrían llegar al Holoceno.

Las formaciones superficiales de ladera, representadas exclusivamente por los coluviones, son de poco interés tanto por su desarrollo como por su frecuencia. En general se alimentan de los sedimentos terciarios o de los granitos, por lo que suelen estar constituidas por arenas arcóscas con limos y gravas de cuarzo y cuarcita. Son depósitos poco consolidados con potencias de 2-5 m. Se las considera de edad Holocena.

Las formaciones superficiales de carácter lacustre, vienen representadas por los fondos endorreicos. Litológicamente están constituidas por arenas con una importante proporción de finos (limos + arcillas) y con gran acumulación de materia orgánica. En la Hoja de Portillo (400) los análisis químicos realizados dan los siguientes contenidos: 25,5% de sulfatos, 0,12-0,18% de nitratos, 4,16-4,69% de cloruros, 9,20% de calcio, 0,9-1,1% de sodio y 1,3-2,4% de potasio, lo que produce en épocas secas la concentración de fluorescencias salinas en superficie. Sobre los sedimentos de estas depresiones se desarrollan suelos grises o negros de carácter vértico o también suelos pardos calizos con carácter vértico y gran cantidad de materia orgánica. A veces el espesor de los mismos puede llegar a alcanzar 1 m. La edad asignada a estos depósitos es Holoceno.

Por último se consideran las formaciones superficiales de carácter poligénico, representadas única y exclusivamente por la superficie de Coca-Arévalo (superficie de Coca de PÉREZ GONZÁLEZ, 1979). Esta superficie, que da lugar a extensas planicies, lleva asociado un depósito que se denomina como "Facies Arévalo" por CORRALES et al (1978). Se considera de carácter complejo, ya que en la formación del mismo intervienen al menos dos tipos de procesos: fluviales y eólicos. En la contigua Hoja de Olmedo (428) se realiza una descripción detallada del mismo que coincide, bastante bien, con lo observado en este trabajo. Así pueden encontrarse secuencias canalizadas, de origen fluvial, localmente interrumpidas por depósitos arcillosos o por dunas.

Las facies canalizadas están constituidas mayoritariamente por arenas de grano grueso con algunas gravillas de cuarzo. Ocasionalmente aparecen barras con gravas de cuarzo y cuarcitas y estratificación cruzada tabular. Existen, también, facies de llanura de inundación con arenas y limos micáceos. Las intercalaciones eólicas tienen estratificación cruzada tabular y algunas cicatrices debidas a avalanchas locales. Estas arenas son arcósicas, de tamaño medio a grueso, y están bien seleccionadas. Tienen morfoscopia muy redondeada y gran proporción de granos mates. El porcentaje de finos es muy escaso. El espesor de estas formaciones es muy variable, pero en esta hoja, no parecen superar los 7-8 m. Los suelos son diversos dependiendo del material sobre el que se desarrollan y pueden ser desde "Tierras pardas meridionales" sobre las facies más finas, debidas a procesos de inundación, a suelos lixiviados sobre los sedimentos eólicos. La edad asignada al conjunto es Pleistoceno medio.

3.4. EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA

La Hoja de Navas de Oro se encuentra situada en el borde meridional de la Cuenca del Duero, en su límite con el Sistema Central del que aparecen algunos afloramientos en el sector correspondientes a las estribaciones más nororientales del macizo de Santa M^a la Real de Nieva.

Como ya se ha señalado, con anterioridad, la estructura general de la región se caracteriza por la existencia de un zócalo antiguo (Precámbrico - Paleozoico) con un Mesozoico que lo reviste y que, en la tectónica de compartimentación de bloques, actúa solidariamente con él. Los bloques levantados se erosionan para rellenar los bloques hundidos durante el Terciario.

La evolución de este sector está por tanto bastante controlada por el comportamiento tectónico de los diferentes bloques y por la distribución de los mismos. Los más elevados sufren una serie de episodios erosivos cuya huella queda impresa en el relieve por medio de la superficie de erosión. Aunque en la Hoja de Navas de Oro no existen superficies de erosión, sí las encontramos en hojas próximas como en Cantalejo, Sepúlveda o Navas de la Asunción. Una de las superficies mejor desarrollada en los bordes del Sistema Central es la "Superficie tipo pediment o Rampa", que enrasa con los sedimentos de la depresión. La mayoría de los autores le suponen una edad Plioceno, pero podría ser algo más antigua, pues en este caso enrasa con sedimentos que se suponen de edad Vallesiese - Turoliese, aunque los datos paleontológicos no son muy claros.

Al mismo tiempo, en la cuenca, cuando el relleno llega a su fin, se produce un cambio en la morfogénesis, pasando de un régimen endorreico a otro en el que se inician los procesos de erosión. La escasa incisión de ríos y arroyos, a excepción del Cega, Pirón y Eresma, las confusas divisorias y la formación de áreas con más drenaje, en las que se originan turbas, hacen pensar en la existencia de movimientos de subsidencia en el sector.

Por otra parte, en un momento determinado del Cuaternario difícil de precisar, pero aproximadamente en el Pleistoceno medio, existe un cambio en las condiciones climáticas que da lugar a fuertes vientos del SO que se cargan de arenas y van recubriendo gran parte de este territorio hasta originar un paisaje dunar de gran extensión. Según diversos autores (PEREZ GONZALEZ, 1982), el paisaje eólico del interior de España es de carácter multicíclico. Este mismo autor señala la existencia, en otros sectores de la Cuenca del Duero, de grandes cubetas de deflación sobre la superficie del Aalejo, de posible edad Pleistoceno medio inferior. Concretamente, en la Hoja de Navas de Oro, las arenas más antiguas podrían corresponder al denominado "mano eólico" pues son las más expansivas, relacionándose además con las zonas de valle. Con posterioridad deben depositarse los "campo de dunas" modelándose, finalmente, los cordones dunares.

En definitiva, en la Depresión del Duero los vientos efectivos responsables de los distintos procesos de erosión y acumulación, son los vientos del SO (PÉREZ GONZÁLEZ, 1979). Este paisaje dunar requiere un clima algo más seco que el actual, quizás por debajo de los 350 mm/año y cálido con una vegetación clareada y arbustiva (PÉREZ GONZÁLEZ, 1982).

Los últimos retoques son debidos a los procesos fluviales y endorreicos. Estos últimos representan un hecho muy singular en la Hoja de Navas de Oro.

3.5. DINÁMICA ACTUAL Y SUBACTUAL. TENDENCIAS FUTURAS

En la Hoja de Navas de Oro los procesos activos que se observan son de poca importancia y están relacionados con los ambientes fluviales, eólicos y lacustres. En relación a los primeros se reconocen procesos de incisión vertical en el valle del Eresma, erosión lateral del cauce en el valle del Pirón y una arroyada difusa importante sobre la superficie de Coca-Arévalo y sobre las arenas eólicas. Por otra parte la actividad eólica se limita a movilizar las arenas superficiales en todas aquellas zonas donde la vegetación es escasa. Y, por último, los procesos lacustres, aunque se limitan a áreas muy reducidas, tienen actividad en relación a las subidas y bajadas del nivel freático, hecho muy relacionado con la pluviometría estacional.

Todos estos procesos no son acusados y además están muy limitados superficialmente. Esto unido a un relieve, prácticamente, sin diferencias altimétricas, no parece que vayan a producir modificaciones en el paisaje, al menos en un futuro inmediato.

4. PETROLOGÍA

4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES

Como ya se ha señalado en el capítulo de Estratigrafía, en la Hoja de Navas de Oro afloran rocas constituyentes del zócalo regional, de una u otra forma relacionadas genéticamente con la orogénesis hercínica. Así, en el ámbito de los macizos de Santa María La Real de Nieva y de Zarzuela del Pinar afloran rocas ígneas (unidad 1) y metamórficas (unidades 3 y 4), en tanto que en relación con las estribaciones del Sistema Central, tan solo aparecen rocas metamórficas del tipo de la unidad 2.

4.1.1. Rocas metamórficas

Incluyen tres unidades cartográficas, una de ellas de origen ortoderivado (unidad 2), aflora en el límite centro-oriental de la Hoja como la estribación más meridional del Macizo de Zarzuela del Pinar. Las restantes rocas metamórficas son de origen paraderivado (unidades 3 y 4) y quedan restringidas al borde meridional de la Hoja, perteneciendo al Macizo de Santa María La Real de Nieva.

4.1.1.1. *Ortogneises glandulares*

Pese a su escasa representación en la Hoja, sus afloramientos son muy extensos en la Sierra de Guadarrama, constituyendo una de las unidades características del Sistema Central. Su principal rasgo distintivo es la presencia de megacrystalos de feldespato potásico de hasta 10 cm, envueltos en una matriz oscura constituida fundamentalmente por biotita, cuya orientación define la esquistosidad principal. Se le reconocen a estos materiales como "Gneises mesocratos-melanocratos".

Al microscopio evidencian su carácter glandular, con texturas holocristalinas, inequigranular, alotriomorfa, porfídica y mirmequítica. Como componentes principales aparecen cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico (ortosa) y biotita y, como componentes accesorios aparecen opacos, circón, turmalina y apatito.

La textura porfídica está marcada por fenocristales de FK; muestran hábito anhedral, con maclas de "microclina-karlsbad" y con inclusiones de opacos+cuarzo+circón. Se aprecian procesos de moscovitización.

La biotita es de tamaño muy pequeño y se presenta en agregados de un gran número de cristales, a modo de restitas. El cuarzo es de hábito anhedral con ligera extinción ondulante y la plagioclasa se presenta con el mismo hábito que el cuarzo pero con maclas de albita, presentando procesos de sericitización importante y un menos grado de moscovitización.

Los fenocristales de feldespato potásico presentan dentro de su textura minerales accesorios, constituidos fundamentalmente por cuarzo, biotita, plagioclasa, apatito, esfena y turmalina y como minerales secundarios aparecen la moscovita y la clorita. El cuarzo se presenta con formas concavo-convexas alargadas. La plagioclasa se manifiesta con hábito anhedral-subhedral y preferentemente en maclas de albita. La biotita es de hábito anhedral y se encuentra muy cloritizada. Por último la moscovita es de origen secundario y se desarrolla a partir del FK, con formas irregulares.

Al hilo de lo anteriormente expuesto, y en otras áreas cercanas a los afloramientos de Zarzuela del Pinar y San Cebrián, existe dentro de estos cuerpos otros minerales accesorios como son la sillimanita y el granate. La existencia de granate, anterior a la esquistosidad principal, junto con los otros minerales accesorios citados anteriormente, constituye y/o define una asociación precinemática.

Existen diques de naturaleza aplítica en las cercanías del contacto con las masas graníticas. Estas rocas presentan una textura holocristalina inequigranular alotriomorfa-hipidiomorfa, cuyos mine-

rales principales lo constituyen el cuarzo, feldespato, plagioclasa y biotita; como minerales accesorios cordierita y opacos y, clorita, pinnita, rutilo y feldespato como minerales secundarios.

Al parecer la roca original sería de composición granodiorítica o granítica, la cual sufrió los efectos de un metamorfismo regional de alto grado. La génesis de la esquistosidad principal se produjo en condiciones de grado medio, a alta temperatura dentro del campo de la baja presión. La evolución metamórfica culminaría con un proceso retrógrado en el que se alcanzaron condiciones de bajo grado, como lo muestra las asociaciones moscovita-clorita.

4.1.1.2. Metasedimentos con masas de gneises glandulares

En todo el ámbito del Sistema Central, se incluye bajo la denominación de "metasedimentos" un grupo heterogéneo de rocas paraderivadas, caracterizadas por sus tonos oscuros y por mostrar un acusado bandeo tectónico; constituyen, en general, el conjunto encajante sobre el que intruyeron los granitoides precursores de los ortogneises glandulares (unidad 2). En la Hoja de Navas de Oro, sus afloramientos están restringidos al Macizo de Zarzuela del Pinar (Alto de San Cebrián) y a las estribaciones septentrionales del Macizo de Santa María La Real de Nieva (carretera de Pinarnegrillo). En este último lugar se reconocen esquistos, pizarras, metarenitas y cuarcitas, con inclusiones no cartografiadas de ortogneises glandulares. El mayor predominio corresponde con los esquistos y las metarenitas, con esporádicos niveles cuarcíticos y alguna masa de gneises glandulares, cuya relación con el conjunto paraderivado no es fácil de establecer debido a la escasez y deficiencia de los afloramientos.

En general los metasedimentos aparecen como rocas cuarzomícáceas de grano fino, con fábrica plano-linear y textura granolepidoblástica y milonítico-filonítica. Su composición mineralógica se encuentra constituida por cuarzo, moscovita, feldespato potásico, biotita, circón y plagioclasa. La roca muestra una orientación marcada por la moscovita, la cual se presenta en cristales aciculares bien definidos. La biotita es muy escasa y se presenta en cristales aislados y aciculares. El cuarzo tiene un tamaño de grano fino y presenta texturas de recristalización bien desarrolladas, con bordes netos y puntos triples de unión. Por último, la plagioclasa presenta maclas de albita y los circones son de tamaño muy fino y con formas redondeadas.

Superpuesta a la esquistosidad principal, se observa una esquistosidad de crenulación relacionada con una génesis extensional; en los planos de crenulación y en bandas paralelas a la esquistosidad principal, se observa una intensa retrogradación cuyo resultado es la aparición de cuarzo+moscovita+clorita+albita+sericita+pinnita+illmenita.

Los gneises glandulares aparecen como rocas cuarzo-feldespáticas y cuarzo-micáceas con texturas granoblásticas y protomiloníticas. Como componentes principales aparecen cuarzo, moscovita, plagioclasa y feldespato potásico, siendo los accesorios el apatito, circón, biotita y opacos; en algunos casos se suele apreciar la existencia de sillimanita, granate y rara vez distena. Entre los minerales secundarios se observa la presencia de opacos, rutilo, clorita, albita y mica blanca.

En general estos gneises presentan una marcada orientación por la moscovita, la cual se presenta en cristales rectangulares, aislados ó bien agregados de gran número de cristales. Dentro de estos agregados, la moscovita es muy rica en inclusiones de minerales opacos, siendo debida su procedencia de la biotita. El cuarzo, el feldespato potásico, la plagioclasa y el apatito presentan,

todos ellos, un hábito anhedral, algunos de ellos muy alterados y con formas redondeadas del apatito.

Los metasedimentos de ambos macizos, estuvieron afectados por un metamorfismo regional de grado medio, correspondiente a la zona sillimanita+cordierita, si bien su evolución retrógrada propició el paso sucesivo a las zonas de moscovita+biotita y moscovita+clorita, ya dentro del grado bajo. Los gneises glandulares evidencian un mayor grado de deformación, con milonitización, posiblemente debido a su situación en una zona de cizalla, que coincidiría en la zona con el contacto de los granitoides con los materiales encajantes. En cualquier caso parecen derivar de un protolito metagranítico, derivado del metamorfismo regional hercínico. Los efectos de las intrusiones graníticas hercínicas se dejan sentir en su contacto a través de los evidentes signos de corneanización visibles e incluso, por la granitización que llega a afectar a los componentes leucocráticos.

4.1.1.3. Rocas plutónicas hercínicas

Corresponden a este grupo la unidad de intrusión, caracterizada por su evidente carácter ácido, con predominio de los tipos monzograníticos (adamellititas) (unidad 1). La actividad filoniana es escasa y las reducidas dimensiones de sus manifestaciones han imposibilitado su diferenciación cartográfica.

Los monzogranitos y/o adamellititas constituyen la práctica totalidad del afloramiento existente en el Alto de San Cebrián, presentando una gran homogeneidad, con predominio de los tonos grises, si bien puntualmente describen tendencias leucocráticas, careciendo generalmente de representantes porfídicos. Su carácter intrusivo sobre el conjunto metamórfico preordovícico es perfectamente visible en las canteras situadas al sur de Hontalbilla (Hoja de Cantalejo nº 430).

Al microscopio aparecen como rocas holocristalinas inequigranulares epidiormorfas, de tamaño de grano medio a grueso. Como minerales principales aparecen el cuarzo, el feldespato potásico, la plagioclasa y la biotita; como accesorios, el apatito, el circón, la zoisita y los opacos. El grado de alteración varía considerablemente, siendo frecuente la cloritización de la biotita, sericitización de la plagioclasa y moscovitización de los feldespatos.

El cuarzo alotriomorfo y ocasionalmente subidiomorfo, muestra un hábito anhedral a subhedral, de extinción normal. Los cristales presentan caras cristalinas bien desarrolladas. La plagioclasa es de hábito subhedral con macla de albita y zonación concéntrica; ciertos cristales son muy ricos en inclusiones de biotitas. El feldespato es de hábito anhedral, con carácter intersticial, presenta inclusiones de cuarzo y biotitas subhedrales. Por último, la biotita se presenta en cristales aislados de hábito anhedral a subhedral, pleocroica y tiene inclusiones de opacos+apatito+circón.

4.2. GEOQUÍMICA

La descripción de los principales rasgos geoquímicos de las rocas ígneas y metamórficas han sido extraídos en gran medida de las memorias de las Hoja Geológicas a escala 1:50.000 de Nava de la Asunción (456) y Turégano (457), donde estos materiales tienen una representación mucho más amplia y han sido tratados con cierto detalle (I.T.G.E, 1.991).

4.2.1. Rocas metamórficas

Evidentemente, la viabilidad composicional de las series detríticas preordovícicas debe ser notable, como se deduce de la importante variación observada en la proporción de cuarzo y feldespato, tanto en campo como en lámina delgada. Un análisis efectuado sobre una filita cuarzosa (Cuadro 4.1) al Este de Bernardos (Hoja de Nava de la Asunción), refleja un protolito grauwaquico poco maduro, teniendo en cuenta su contenido en feldespato normativo; la baja proporción en corindón (para este tipo de rocas) sugiere un bajo contenido en minerales arcillosos para la roca preexistente.

Los ortogneises glandulares del sector nororiental han sido denominados ortogneises “mesocratos-melanocratos” en la vecina Hoja de Turégano, caracterizándose por ser relativamente pobre en sílice, al ser comparados con el resto de ortogneises glandulares; esta pobreza se refleja en contenidos en cuarzo normativo inferiores al 30% (Cuadro 4.1). Poseen un evidente carácter peraluminico, relaciones ortosa/albita normativas cercanas a la unidad y contenido en hiperstena relativamente alto, como consecuencia de su contenido en mica.

Considerando conjuntamente los ortogneises glandulares de la región, se aprecia un esquema de variación unitario, aunque cada grupo tiene sus propias particularidades. La tendencia de variación observada comenzaría con los tipos “mesocratos-melanocratos”, continuaría por los tipos comunes y finalizaría con los leucogneises. Al ser proyectados en los diagramas correspondientes (I.T.G.E, 1.991), dibujan una banda característica de asociaciones graníticas aluminicas, incluyéndose en el campo de los granitoides colisionales.

4.2.2. Rocas plutónicas hercínicas

Debido a la convergencia composicional existente entre los distintos tipos de granitoides diferenciados en la Hoja de Nava de la Asunción, resulta difícil relacionar claramente las adamellitas y leucogranitos de la unidad 1, con cualquiera de aquellos. En cualquier caso, los análisis correspondientes a dichos granitoides muestran una marcada acidez, con valores de sílice superiores al 70% en todos los casos, y con frecuencia al 74%, lo que se traduce en contenidos de cuarzo normativos superiores al 29% en la mayoría de los casos. La relación entre los valores normativos de albita y ortosa es muy variable, aunque suele constatarse el predominio de la albita.

Los diagramas correspondientes (I.T.G.E, 1.991) muestran enriquecimientos en Rb con respecto al Ba, para valores muy bajos en Sr, características de granitos muy diferenciados y evolucionados; también se aprecian sus tendencias metaluminicas y su inclusión en el campo de los granitos colisionales. En general, presentan un comportamiento similar al de otros granitoides de la Sierra de Guadarrama.

Dentro de la Hoja de Navas de Oro se ha podido reconocer una muestra que se identifica como “granito”. La composición de elementos mayores corresponde a la de una adamellita o monzogranito moderadamente peraluminico ($ISA = 1.13$), calcoalcalino, con K_2O sólo ligeramente superior a Na_2O . En cuanto a elementos trazas, destacan elevadas concentraciones de Li, Cs, y moderadas de Sr. Las tierras raras poseen concentraciones moderadamente elevadas. El quimismo de la roca sugiere una roca granítica formada por anatexia de ortogneises o metagrauwaacas, con un considerable grado de evolución magmática. En el Cuadro 4.2., se presenta la composición geoquímica de este “granito”.

	9009*	9011	9012	9166	9503	9013	9016	9015	9209	9100	9009	9010	9040
SiO ₂	66,29	64,85	65,60	67,25	68,13	69,30	70,20	70,32	69,74	71,98	72,61	72,90	68,17
Al ₂ O ₃	15,20	16,83	17,40	16,30	15,69	15,47	15,47	14,41	14,61	14,50	14,32	14,13	18,56
Fe ₂ O ₃	6,37	0,52	0,61	3,05	4,90	0,97	0,97	1,15	4,06	2,76	0,46	0,32	
FeO	-	5,04	3,66	-	-	2,09	2,09	2,03	-	-	1,58	1,60	2,38**
MnO	0,07	0,08	0,05	0,03	0,05	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02
MgO	2,49	2,22	0,98	1,08	1,29	0,88	0,88	0,74	1,30	0,82	0,73	1,01	0,59
CaO	0,78	1,63	1,20	0,68	1,12	0,66	0,66	0,89	1,15	0,89	0,88	0,99	0,41
Ns ₂ O	2,48	2,47	2,85	3,69	2,66	3,10	3,10	3,19	3,25	2,74	2,71	2,36	5,60
K ₂ O	3,02	3,30	3,51	5,80	4,65	4,82	4,82	5,90	4,08	4,89	5,36	4,76	5,60
TiO ₂	0,82	0,85	0,61	0,25	0,60	0,33	0,33	0,45	0,50	0,26	0,20	0,20	0,32
P ₂ O ₅	0,08	0,17	0,26	0,14	0,18	0,20	0,20	0,24	0,19	0,18	0,25	0,19	0,24
H ₂ O*	2,47	1,80	1,65	1,86	0,92	1,10	1,10	0,79	1,27	0,95	0,83	1,12	1,63

Norma C.I.P.W.

	9009	9011	9012	9166	9503	9013	9016	9015	9209	9100	9009	9010	9040
Q	92,1	28,6	27,1	19,4	28,7	29,1	29,9	25,2	29,4	33,3	32,9	36,8	33,0
Qr	17,8	19,5	20,7	34,3	27,5	22,0	28,5	34,8	24,1	28,9	31,7	28,1	33,6
Ab	21,0	20,9	24,1	31,12	22,5	27,8	26,2	27,0	27,5	23,2	22,9	20,0	17,4
An	3,3	7,0	4,3	2,5	4,4	3,9	2,0	2,8	4,5	3,2	2,7	3,7	0,5
Hy	12,9	11,9	12,3	6,1	8,4	9,3	5,8	5,4	7,5	5,1	4,3	4,9	4,7
Mt	1,5	1,5	1,1	0,7	1,2	0,9	0,8	0,8	1,0	0,7	0,5	0,5	0,4
Il	1,6	1,6	1,2	0,5	1,1	1,0	0,6	0,9	0,9	0,5	0,4	0,4	0,6
Ap	0,2	0,4	0,6	0,3	0,4	0,7	0,5	0,6	0,4	0,4	0,6	0,4	0,6
C	6,6	6,6	7,4	3,1	4,7	4,6	4,4	1,7	3,2	3,5	3,1	3,8	9,1

Metasedimentos: 9009* . Hoja de Nava de la Asunción (456)

Orogneises mesocratos: 9011, 9012, 9066, 9503, 9013, 9016, Hoja de Turégano (457)

Orogneises glandulares: 9015, 9209, 9100, 9009, 9010, Hoja de Turégano (457); 9040, Hoja de Cantalejo (430)

**Fe total

Cuadro 4.1. Análisis químicos de las rocas metamórficas de la región.

4.3. CARACTERÍSTICAS DEL METAMORFISMO

El metamorfismo hercínico de la Sierra de Guadarrama ha sido objeto de numerosos trabajos que han puesto de manifiesto el carácter polifásico y plurifacial, con superposición de dos etapas metamórficas principales: la primera se desarrolló bajo condiciones de presión intermedia y la segunda, de baja presión; tras ellas se desarrolló una etapa retrometamórfica.

La blastesis tuvo lugar fundamentalmente coincidiendo con las dos primeras fases de deformación tectónicas, aunque en algunos casos se prolongó hasta después de la tercera, con génesis de cristales postcinemáticos. Aunque la intensidad de la segunda etapa es variable según las zonas, con frecuencia ha borrado casi totalmente las estructuras y mineralogías asociadas a la primera.

El metamorfismo regional del sector oriental de la Hoja refleja las características generales que presenta en el Complejo de Guadarrama. Así, las observaciones realizadas en el afloramiento de ortogneises glandulares (unidad 2), sugieren que durante la primera etapa metamórfica se generaría una paragénesis integrada por cuarzo+feldespatos potásico+plagioclasa+biotita±sillimanita±granate, que indica su génesis de presión intermedia dentro de un grado medio, en facies de anfibolitas. Su génesis se produciría a 650-680°C y 7-8 kbar (VILLASECA, 1.983) coincidiendo con el desarrollo de la deformación tangencial más intensa, es decir, durante la primera y parte de la segunda fase.

La paragénesis de la segunda etapa metamórfica está compuesta por cuarzo+feldespatos potásico+cordierita±biotita±sillimanita, generada en condiciones de baja presión dentro del grado alto, en facies de anfibolitas, posiblemente a unos 710°C y 4 kbar, coincidiendo con el fin de la segunda fase de deformación y la totalidad de la tercera, prolongándose incluso con posterioridad a ésta.

El último evento metamórfico, de carácter retrogrado, está caracterizado por la asociación albита+sericita+clorita+moscovita, típica de condiciones de bajo grado metamórfico, en el campo de la baja presión en la facies de los esquistos verdes. Esta etapa, posterior a la tercera fase de deformación, estaría relacionada con la descompresión del orógeno, sometido a erosión progresiva; su desarrollo más espectacular estaría relacionado con las zonas donde la penetración de fluidos hidrotermales fue más intensa.

En las zonas próximas a las intrusiones graníticas, como en el Macizo de Zarzuela del Pinar (borde oriental de la Hoja), se aprecian ciertas variaciones debidas a efectos térmicos que enmascaran el metamorfismo regional.

El desarrollo de la segunda etapa metamórfica debió borrar casi totalmente los efectos de la primera, resultando una paragénesis integrada por cuarzo+plagioclasa+biotita±sillimanita±cordierita, reflejando condiciones de baja presión dentro del grado medio y, ocasionalmente, alto. Como consecuencia de la etapa retrógrada tendría lugar la formación de la asociación clorita+sericita+pinnita+mica blanca, en condiciones de bajo grado.

Los efectos más evidentes del metamorfismo térmico relacionado con las intrusiones graníticas hercínicas serían la obliteración de la esquistosidad principal, debida a los procesos de blastesis estática, con formación de cordierita y andalucita, y la fusión de los componentes leucocráticos, que parecen haber sufrido procesos de "granitización". En cualquier caso, los efectos térmicos también se han visto parcialmente borrados por los procesos de retrogradación e hidratación posteriores.

Referencia

17-1779.043-AG

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	TOTAL
71,94	0,35	14,14	2,77	0,91	0,07	2,12	3,25	3,49	0,21	0,74	99,99
Q	Cor	Ort	Ab	An	My	Il	Mag	Ap	ITT	%An en pl	ISA
32,84	1,68	20,77	27,69	9,21	6,19	0,67	0,45	0,50	81,31	24,96	1,13
Li	Rb	Cs	Be	Sr	Ba	Sc	V	Cr	Ni	Cu	Zn
122,70	204,39	16,32	5,74	136,57	384,92	8,23	34,02	0,00	0,00	0,00	30,06
Ga	Y	Nb	Ta	Zr	Hf	Mo	Sn	Tl	Pb	U	Th
19,91	18,61	10,00	2,25	49,19	1,73	0,00	8,75	1,11	22,58	2,79	8,37

Tierras Raras

La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	La _N /Lu _N	Eu/Eu*
21,08	41,97	5,13	19,61	4,44	0,82	3,82	0,63	3,52	0,65	1,71	0,27	1,74	0,26	8,77	0,61

FeO* = Todo el Fe como FeO.

Cuadro 4.2. Análisis químico de los "granitos" del Alto de San Cebrián.

4.4. PETROGÉNESIS

La génesis y el emplazamiento de los magmas graníticos en el Sistema Central, están relacionados con los fenómenos de compresión y engrosamiento cortical producidos por los cabalgamientos intracorticales, seguidos por procesos de erosión y descompresión de la corteza engrosada (BRANDEBOUGUER, 1.984; FUSTER y VILLASECA, 1.987).

Sin embargo los diferentes autores no parecen estar de acuerdo en cuanto a la participación del Manto. En la Hoja de Navas de Oro está representado un producto muy diferenciado, fundamentalmente constituido por monzogranitos (adamellitas) y no se aprecian rocas de procedencia tan profunda. Las relaciones Sr87/Sr86 de diversos granitoides del Sistema Central (IBARROLA et al., 1.986) son superiores a 0,706, valores muy elevados para rocas procedentes del manto, suponiéndose, por tanto, que se han originado por fusión de sectores corticales, aunque ésta ha sido inducida por anomalías generadas en el manto. (I.T.G.E, 1.990).

Por otra parte los datos regionales existentes reflejan una distribución lineal de las rocas analizadas, de un enriquecimiento progresivo en Rb para los tipos graníticos y leucograníticos, explicando mediante procesos de cristalización fraccionada de magmas de composición adamellítica, siendo necesarios datos adicionales de cada una de las unidades para poder establecer la posible participación de otros procesos de diferenciación.

4.5. GEOCRONOLOGÍA

En general, son escasos los datos geocronológicos acumulados sobre las rocas ígneas y metamórficas del Sistema Central. Como ya se ha señalado dentro del capítulo de Estratigrafía, la edad atribuida a los ortogneises glandulares (unidad 2) reviste un interés especial relativo a su interpretación como cuerpos intrusivos en la serie metasedimentaria o como zócalo regional sobre el que se depositó ésta. El dato más próximo a la Hoja de Navas de Oro, correspondiente a los ortogneises de Villar de Prádena, han señalado una edad de 471 ± 12 m.a. (VIALTE et al., 1.986) apoyando claramente la primera hipótesis. No obstante, datos aportados por otros autores (BISCHOFF et al., 1.986) han señalado edades más antiguas para otros conjuntos gnéissicos (540-560 m.a., Gneis de Antoñita), hecho que invita a tomar ciertas reservas a la hora de interpretar estos cuerpos ígneos prehercínicos.

Por lo que respecta a los datos referentes a los granitoides hercínicos, tampoco son excesivamente abundantes, pero en cualquier caso han señalado edades extremas de 345 ± 26 m.a. (Villacastín) y 276 ± 8 m.a. (La Granja), por tanto, dentro del intervalo Carbonífero-Pérmico inferior (IBARROLA et al., 1.986).

5. HISTORIA GEOLÓGICA

Este capítulo es una aproximación a la evolución sedimentaria, paleogeográfica y tectónica del área estudiada. La historia geológica de la Hoja de Navas de Oro aparece ligada a la evolución zonal de la Cuenca del Duero y del Sistema Central, en particular al sector central y sur-oriental de la Cuenca y a la parte septentrional de esta unidad.

Por otro lado, en el área objeto de estudio no existe un registro sedimentario continuo y aflorante como para establecer una cronología de los hechos acaecidos desde el Precámbrico-Paleozoico hasta el Terciario.

El conjunto de los materiales aflorantes en la Hoja de Navas de Oro, refleja la existencia de una prolongada historia geológica, cuyo origen puede remontarse al Precámbrico superior y que está condicionada por dos acontecimientos fundamentales: las orogénias hercínica y alpina. No obstante dicha historia resulta bastante compleja debido a las importantes lagunas que existen en su serie estratigráfica y que comprenden la mayor parte del Paleozoico y Mesozoico, así como una buena parte del Terciario.

Aunque el Precámbrico superior es un periodo mal conocido en el ámbito del Sistema Central, suele aceptarse que a lo largo de él predominaron los procesos sedimentarios, dentro de un contexto de plataforma somera, fundamentalmente detrítica con intercalaciones de episodios carbonatados. Aunque éste régimen sedimentario se mantuvo posiblemente hasta finales del Cámbrico, son numerosas las evidencias de procesos magmáticos, de naturaleza ácida, próximos al límite Precámbrico-Cámbrico. Este episodio magmático estaría relacionado con un evento cadomiense, responsable de una ligera deformación cuyo resultado sería la disposición discordante de los materiales cámbricos suprayacentes, que aparecen conservados en el Macizo de Santa María La Real de Nieva (AZOR et al., 1.992).

La repercusión de los movimientos sárdicos, acaecidos a comienzos del Ordovícico, es mucho más evidente, como señalan fundamentalmente dos hechos: Por una parte una serie de dataciones realizadas en el conjunto de ortogneises de la región, sugiere que durante el tránsito Cámbrico-Ordovícico, el Sistema Central fue afectado por intenso plutonismo (VIALETTE et al., 1.986) de carácter granítico y granodiorítico; por otra parte, la patente discordancia que separa los materiales ordovícicos de las series infrayacentes en los dominios Oriental y Occidental (BELLIDO et al., 1.981), así como en el Macizo de Santa María, implica la deformación de los materiales preordovícicos y posteriormente una intensa acción de los procesos erosivos.

Aunque en el ámbito del Sistema Central, incluido los macizos de Santa María y Zarzuela del Pinar, la sedimentación se restableció en el Ordovícico y probablemente se prolongó, en un ambiente de plataforma siliciclástica, con esporádicos episodios turbidíticos, al menos hasta el Devónico inferior, poco puede decirse de éste periodo en el ámbito del dominio Central, aunque los retazos de materiales ordovícicos conservados en el Macizo de Santa María La Real de Nieva, parecen confirmar la sedimentación de plataforma en la zona.

Pese a la existencia de los movimientos prehercínicos señalados (cadomienses y sárdicos) de indudable influencia litoestratigráfica, la orogenia hercínica es, sin duda, la responsable de la estructuración principal del Sistema Central, si bien la macroestructura visible actualmente se debe a las reactivaciones producidas por la orogenia alpina. La orogenia hercínica dio lugar a una compleja sucesión de procesos de deformación, metamorfismo y magmatismo acaecidos en el intervalo Devónico superior-Pérmico inferior, cuya ordenación temporal es conocida de un modo impreciso. A grandes rasgos se puede señalar la existencia de un régimen compresivo bajo en el que se desarrollaron tres fases de deformación principales, que coincidirían en el tiempo con dos episodios metamórficos; el paso a un régimen extensional iría acompañado por el emplazamiento de granitoides y por un evidente retrometamorfismo. Sus últimas manifestaciones están relacionadas con el denominado periodo tardihercínico, caracterizado por la creación de una densa red de fracturación que favoreció el emplazamiento de cuerpos filonianos.

En toda la región, la primera fase de deformación desarrolló una foliación (S_1) con vergencia hacia el NE-E, retocada por las fases posteriores. El paso a la segunda fase es gradual y culmina con

la génesis de bandas de cizalla dúctil, relacionada con el desarrollo de cabalgamientos vergentes hacia el N-NE, cuyo apilamiento provocó un importante engrosamiento cortical, condicionante de una primera etapa metamórfica de presiones intermedias, en condiciones de grado medio, caracterizada por blastesis de distena y granate.

Probablemente aún en el Devónico superior sobrevino una tercera fase de deformación, que dio lugar a pliegues retrovergentes que muestran una dirección variable al estar afectados por una fase posterior; en relación con ella se generó una crenulación que localmente puede ser muy penetrativa. coincidiendo con esta fase, adquirió su principal desarrollo la segunda etapa metamórfica, en condiciones de alto grado, con blastesis de cordierita y sillimanita, etapa que se había iniciado en los estadios finales de la segunda etapa de deformación, como consecuencia de la disminución de la velocidad de engrosamiento, con el consiguiente predominio de la temperatura sobre la presión. Este cambio en el régimen térmico podría estar relacionado con el paso a un periodo extensional y con la descarga erosiva de la cadena.

Una cuarta fase de menor entidad que las anteriores, generó pliegues y fracturas que afectan suavemente a éstas, sin génesis de estructuras penetrativas; posiblemente, durante su desarrollo habían dado comienzo los procesos de emplazamiento de los granitoides y de retrometamorfismo, caracterizado por moscovitizaciones y en general blastesis mineral en condiciones de grado bajo, en un claro régimen extensional, que se prolongaría a lo largo del Carbonífero.

Este simple esquema, válido a grandes rasgos para el ámbito de la Sierra de Guadarrama, parece presentar ciertas diferencias y desfases en el Macizo de Santa María La Real de Nieva. En él, las dos etapas metamórficas principales no parecen tener una separación temporal tan evidente, desarrollándose ambas durante las dos primeras etapas de deformación, en condiciones generales de bajo grado; no obstante, al Este de la falla de Carbonero Mayor (Hoja de Nava de La Asunción), incluidos los afloramientos del macizo de Zarzuela del Pinar, el metamorfismo alcanzó condiciones de grado medio y, ocasionalmente, alto. En todo este dominio, la etapa retrometamórfica se inició con una antelación considerable, coincidiendo con la tercera fase de la deformación.

El periodo extensional a ésta, coincidiría con el emplazamiento de los granitoides, proceso que fue acompañado de un incremento térmico notable en algunos puntos. También en relación con el periodo extensional finihercínico, se produjo la creación de un destacado accidente tectónico, que divide el Macizo de Santa María en dos partes bien diferenciadas: Al sur del mismo predominan las rocas graníticas y al norte, las metasedimentarias. Esta falla, que pierde buzamiento hacia el norte puede considerarse un *detachment* extensional de movimiento aproximado N-S.

Tras el periodo de tectónica extensional se desarrolló una importante red de fracturación, coincidente con el denominado periodo tardihercínico, acaecido en el Pérmico, siendo uno de sus rasgos principales, la inyección filoniana producida a favor de la mencionada red. A lo largo de dicho periodo pueden distinguirse dos etapas (CAPOTE et al., 1.987). La primera, denominada Malagón, dio lugar a fallas de dirección E-O, iniciándose con un régimen distensivo en el que se emplazarían los típicos pórfidos y rocas afines a ellos. En la segunda etapa, denominada Hiendelaencina, se producirían desgarres normales dextrales de dirección N10-30° y sinestrales orientados según N70-90°, y con ella se relacionarían el emplazamiento de la mayor parte de los diques de cuarzo, que constituyen la última manifestación de la orogenia hercínica. No obstante,

te, conviene señalar que la fracturación tardihercínica jugó un destacado papel durante el ciclo alpino, al crear zonas de debilidad que limitarían las cuencas sedimentarias en las etapas distensivas, siendo reactivadas posteriormente, durante la compresión.

La ausencia de registros sedimentarios pérmicos y mesozoicos anteriores al Cretácico superior, no permite demasiadas precisiones sobre las primeras etapas posthercínicas en la zona. Sin embargo, la relativa proximidad de materiales triásicos y jurásicos a la Hoja sugiere que tuvo lugar la sedimentación de materiales de estas edades, aunque posteriormente los procesos erosivos cretácicos hayan borrado no solo cualquier vestigio de aquellos, sino también de la mayor parte del conjunto premesozoico de la Sierra de Guadarrama, conservándose únicamente los niveles estratigráficos más bajos, constituidos por las series preordovícicas y los granitoides hercínicos incluidos en ellas. En el Macizo de Santa María, así como en la Hoja de Navas de Oro, los efectos erosivos son algo menores habiéndose conservado una buena parte de la serie cámbrica y algunos retazos de la ordovícica.

El resultado de los procesos erosivos sería una relativa peneplanización de la región a finales del Cretácico inferior, con un relieve suavemente elevado hacia el SO. Como consecuencia de los movimientos austríacos, la cuenca de sedimentación, abierta a las influencias marinas hacia regiones septentrionales y orientales, se estructuró de forma escalonada debido a la reactivación de diversos accidentes de dirección NO-SE, que condicionarían la distribución de espesores y facies.

Con este dispositivo general, la sedimentación del Cretácico superior se desarrolló a través de episodios transgresivo-regresivos, el primero de los cuales dio comienzo durante el Cenomaniense con la sedimentación de depósitos terrígenos asimilables a un medio fluvial, conocidos en la región como Mb. Arenas de Carabias (ALONSO, 1.991). Una rápida transgresión tuvo lugar en el Turoniense, con la aparición de la Fm. Arenas y arcillas de Fuentidueña. Aunque estos dos episodios no están representados en la Hoja, su presencia en el sustrato del sector nor-oriental de la misma pueden deducirse de los afloramientos existentes junto a la cerrada del embalse de Burgomillodo (Hoja de Olombrada nº 402).

Un retroceso marino propició el final del primer ciclo y el inicio del segundo, a comienzos del Coniaciense, caracterizándose éste por un carácter expansivo con respecto al anterior, de tal forma que sus depósitos avanzaron considerablemente hacia el SO, al menos hasta las proximidades de Villacastín. El comienzo de este segundo ciclo está caracterizado por la instalación de un sistema fluvial típico en la región correspondiente a la FM. Arenas y arcillas de Segovia (ALONSO, 1.991), cuyo área fuente, de naturaleza ígnea y metamórfica, se encontraría en sectores occidentales.

Este breve episodio continental finalizó a mediados del Coniaciense con un rápido impulso transgresivo con el que se implantarían ambientes mareales que caracterizan el depósito de la Fm. Dolomías tableadas de Caballar, si bien hacia el O, en el ámbito del macizo de Zarzuela del Pinar se dejó sentir cierta influencia continental. A finales del Coniaciense, la plataforma parece estabilizarse, reconociéndose facies de alta energía correspondientes a la Fm Calizas y dolomías de Castrojimeno, que presentan una tendencia a la somerización confirmada en el Campaniense por el depósito de la Fm dolomías y Margas de Valle de Tabladillo, que en algunos puntos de la región refleja condiciones supramareales, en un ambiente de acusada aridez.

La ausencia del registro del Cretácico superior-Paleógeno en la Hoja impide precisar la evolución durante dicho intervalo de tiempo, pero diversos afloramientos y sondeos en la región permiten

confirmar que la tendencia regresiva iniciada en el Coniaciense culminó en el Maastrichtiense con la implantación de un régimen continental que ha perdurado hasta la actualidad. Así, los depósitos detríticos de naturaleza siliciclástica atribuidos al Maastrichtiense en las proximidades de Armuña (Hoja de Nava de La Asunción), sugieren que durante el tránsito Cretácico-Terciario la región estuvo sometida a un régimen sedimentario de ambientes continentales y transicionales.

Datos facilitados por sondeos realizados en áreas próximas (Don Juan 1 y Río Franco 1) ponen de manifiesto series atribuidas al Neógeno, cuya potencia alcanza los 1.900 m, aunque bien pudiera ocurrir que los últimos metros incluyeran parte del Paleógeno. Más en profundidad se localiza un Mesozoico que se encuentra representado por el Cretácico y un Triásico detrítico apoyado sobre el Paleozoico.

Las características del sondeo Río Franco 1 (Hoja de Antigüedad nº 313) se mantiene en otros sectores de la Cuenca, aunque en el sondeo Don Juan 1, situado más al Sur, concretamente en Roa de Duero (345), solo corta 1.000 m de Terciario.

El sondeo de Campaspero anteriormente citado, el cual alcanza una profundidad cercana a los 1.000 m, todos ellos en el Terciario, no aclara las incógnitas planteadas. Además, el hecho de que los materiales más antiguos representados aquí, indiquen una edad Orleaniense, limita e impide en gran parte la reconstrucción de los sucesos acaecidos, previos al Mioceno medio.

En líneas generales la Cuenca del Duero empieza a formarse a finales del Cretácico y comienzos del Paleoceno, momento éste, en el que se pasa de un régimen marino a uno continental que va a permanecer a lo largo de todo el Cenozoico, todo ello como consecuencia de la removilización alpina de fracturas tardihercínicas (Fase Larámica).

Es muy posible que existieran numerosas subcuencas independientes separadas por umbrales, que evolucionaron de forma diferente, como es el caso de la Cuenca de Ciudad Rodrigo.

A partir del Paleógeno es cuando comienza la sedimentación continental, si bien la configuración paleogeográfica de la misma distaba entonces mucho de la actual. Los datos de los sondeos no aportan información exacta sobre la presencia de materiales de edad Eoceno-Oligoceno en el área. Admitiendo pues, que no existen registros sedimentarios para esos tiempos en la región, la deposición de sedimentos se inicia en el Mioceno, probablemente a través de que los relieves recién creados por las fases larámicas, comienzan a destruirse rellenando la cuenca y subcuencas mediante un mecanismo de abanicos aluviales de distribución radial, en ambientes intertropicales húmedos confinados, con una importante subsidencia y acumulo de sedimentos.

Se ha comprobado la existencia de dos ciclos sedimentarios durante el Paleógeno y Mioceno inferior (CORROCHANO, A. 1.977 y C.G.S., S.A-IMINSA, 1.978), que son reconocibles sobre todo en el borde oeste de la Cuenca. A final del primero, el medio va perdiendo energía y localmente se instalan ambientes de "playa-lake" en los que se depositan margas y calizas. El clima es subtropical ó intertropical húmedo con determinados periodos de aridez (JIMÉNEZ FUENTES, E. 1.974).

El segundo ciclo se inicia con una nueva reactivación del relieve de forma gradual y no sincrónica, en todos los marcos montañosos. Esta reactivación puede atribuirse con ciertas reservas a las

fases pirenaicas. En este periodo se desarrollan ampliamente abanicos aluviales con facies muy proximales de gran extensión en el Norte y Este de la Cuenca. Este ciclo sedimentario termina probablemente en el Mioceno inferior, con desarrollo de ambientes restringidos (lagunas efímeras) y facies de transición a ambientes fluviales. El clima es semejante al del resto del Paleógeno, pero con periodos de aridez muy frecuentes.

En épocas anteriormente citadas, es decir, durante el Paleógeno, se depositan areniscas conglomeráticas de tipo silíceo y arcillas arenosas en un medio típicamente fluvial, con depósitos canalizados de cauces poco sinuosos y probablemente anastomosados, con un elevado régimen de flujo. Seguramente los aportes procedían del O. Las condiciones climáticas serían cálidas y húmedas, como lo prueba la escasez de feldspatos y la presencia de niveles ferruginosos.

A finales del Mioceno inferior se produce el plegamiento de los bordes de la meseta, ya iniciado durante la fase Sávica. Tanto Paleógeno como Mioceno inferior se adaptan a las deformaciones del zócalo mediante flexiones (zonas occidental y meridional), pliegues (zona Este) ó monoclinamente (borde Norte), pudiendo llegar a estar invertidos. En estos tiempos se produce un levantamiento general de los relieves circundantes, surgiendo el Sistema Central, con lo cual quedan perfectamente individualizadas las dos mesetas. La Cuenca del Duero adquiere ya una geometría muy parecida a la actual.

Esta actividad tectónica es atribuida a las fases Castellana y Neocastellana, de AGUIRRE, E., DÍAZ MOLINA, M. y PÉREZ GONZÁLEZ, A, op.cit , teniendo como resultado el inicio de un gran ciclo sedimentario que terminaría en las Calizas del Páramo, en el centro de la cuenca.

En parte del Mioceno medio, bajo condiciones climáticas de mayor aridez, se depositan en el borde sur sedimentos arcósicos con cantos dispersos de granitos, cuarzo y cuarcita debidos a corrientes de turbidez producidas por abanicos aluviales. Los aportes provienen del S y SO, con áreas madre algo diferentes, alineaciones de rocas plutónicas ácidas y en menor proporción metamórficas del Sistema Central y las series epimetamórficas, metamórficas y plutónicas de la zona Salmantino-Zamorana. Estas facies distales tendrían sus zonas proximales más hacia el Sur.

Durante el Orleaniense superior y Astaraciense inferior, en la Hoja cercana de Portillo, se depositan facies lacustres y fluvio-lacustres de arcosas, a veces con cantos de cuarcita y desarrollo de paleosuelos carbonatados, son las denominadas "Facies Villalba de Adaja". Las facies más distales se desarrollan en la Hoja de Olmedo, más hacia el Sur, con sedimentación de arcosas, fangos arcósicos y calizas palustres (Unidad Pedraja de Portillo), donde los aportes provienen del Oeste y Noroeste.

Hacia el Norte y Oeste (Hoja de Valladolid) se pasa a un medio de "playa-lake" con sedimentación eminentemente margosa, son las "Facies Dueñas", que tienen sus equivalentes fluviales más al Norte y concretamente en zonas próximas a los relieves de la Cordillera Cantábrica.

Una vez finalizada ésta etapa sedimentaria, se inicia un nuevo ciclo, que se pone de manifiesto por un importante sistema fluvial de procedencia oriental, en líneas generales éste sistema de características "braided" en zonas más orientales, adopta una configuración meandriforme en las zonas más occidentales de la Hoja. En las series detríticas rojas del valle del Duero y en el techo de estas series, se observa una reactivación del sistema fluvial, que parece estar controlado por

fracturas del basamento de dirección NE-SO. Todo ello debió acaecer durante el Astaraciense medio-superior, como lo ponen de manifiesto, los datos aportados por el yacimiento de Aranda de Duero, el cual se localiza en éstas facies lacustres. Hacia el Norte, Nava de Roa (Hoja de Peñafiel) existe un paso transicional a facies lacustres que marca el inicio de un amplio desarrollo de sistemas lacustres, posiblemente originados por cambios en las condiciones climáticas ambientales. Este evento trae consigo la formación de lagos someros, cuya lámina de agua es muy pequeña y donde las fluctuaciones de su nivel son muy frecuentes. Todo ello implica la formación de depósitos margosos y carbonáticos, con profusión de yesos de origen diagenético, muy abundantes a lo largo de toda la Hoja, los cuales son muy típicos de la "Facies Cuestas", a su vez muy desarrolladas dentro del entorno de la Hoja de Cuéllar (Nº 401) y alrededores. Los niveles carbonatados muestran importantes procesos secundarios de dolomitización. La presencia de yesos se localiza en Cuéllar, Valledado, San Miguel del Arroyo y Mata de Cuéllar, donde en gran parte de los casos han sido objeto de explotación.

El ciclo culmina en la región con un predominio de términos carbonatados (calizas y dolomías con margas) que por lo general constituye el resalte morfológico a techo de los relieves de algunas mesas de la zona.

A reglón seguido, la superficie de colmatación de éste ciclo se ve rota y deformada por una fase tectónica generalizada (fase Iberomanchega I de AGUIRRE et al, 1.976), que da lugar a pliegues de amplitud kilométrica, estando acompañados en ocasiones de estructuras menores.

La totalidad de éste ciclo sedimentario, de marcado carácter expansivo, tiene lugar desde el Aragoniense superior hasta comienzos del Vallesiense inferior, momento en el que en áreas centro-septentrionales de la Hoja de Cuellar (nº 401) parece existir una redistribución paleogeográfica y ambiental que va a motivar el inicio de un nuevo ciclo sedimentario, así como formaciones de suelos y procesos de karstificación en los materiales hasta ahora depositados y sometidos a exposición subáerea.

Esta interrupción ó discontinuidad queda reflejada perfectamente en la base del segundo ciclo, caracterizado inicialmente por la instalación de una red fluvial efímera y de carácter restringido, que discurriría en sentido ENE a SO y que se localizaría en el valle del río Esgueva. Por el contrario, hacia el sector más meridional, valle del Duratón (Hoja de Olombrada), en las proximidades de Sacramenia, parece existir una paraconformidad y cierta conjunción de facies lacustres de la unidad infrayacente con ésta, donde se localizan facies detríticas y oncolíticas intercaladas en la serie detrítico-carbonatada basal de ésta unidad, hecho éste que no ocurre en la Hoja de Cuéllar, como consecuencia de que la facies resulta tener una granulometría menor, margas y arcillas, debido a su distalidad dentro del contexto fluvial.

En lugares situados más hacia el sureste y fuera de la Hoja (Sierra de Honrubia), predominan también los episodios detríticos, aunque en este caso procedentes de la desmantelación de los relieves mesozoicos y paleozoicos próximos.

Este segundo ciclo culmina con la deposición de las "Calizas superiores de los Páramos". Se trata del ciclo Neógeno terminal en esta región y que a la larga resulta bastante más complejo de lo que realmente parece, pues lleva incluido secuencias mixtas de carácter palustre-lacustre, que indican un ambiente con poca lámina de agua bajo climas cálidos y de marcado carácter expansivo.

Todos estos procesos sedimentarios ocurren durante el Vallesiense inferior, datación ésta realizada en la serie detrítico-carbonatada del yacimiento de los Valles de Fuentidueña (ALBERDI et al, 1.981), y cuyos fósiles encontrados acreditan ésta edad.

Una nueva fase tectónica (Iberomanchega II), más suave que la anterior, da origen a una nueva superficie de erosión-acumulación, que bisela a la anterior. Esta superficie en las Hojas de Valladolid y Cigales está fosilizada por depósitos de “costras laminadas” con arenas limosas rojizas (PÉREZ GONZÁLEZ, A., 1.979).

Posteriormente y a finales del Mioceno, parece tener lugar un periodo de arrasamiento con formación de procesos de karstificación, así como el desarrollo de una importante superficie de erosión ampliamente distribuida por toda la región (Superficie del Páramo).

Esta fase erosiva trae consigo la formación en los bordes de los relieves próximos, de un sistema de abanicos aluviales, afines a la “Raña”, aunque es discutible precisar la edad y que parecen corresponder ya a cambios climáticos importantes, en este caso lluviosos, significando el paso de un régimen endorreico a otro exorreico que va a caracterizar la red fluvial cuaternaria.

Durante el Pleistoceno se desarrollan importantes episodios fluviales marcados, por un lado, por el encajamiento de la red fluvial y, por otro, por el carácter asimétrico de los cursos principales, con migración de estos hacia el Norte (Valle del Duero).

Los primeros estadios de encajamiento, traen consigo el desarrollo de una importante superficie de erosión, que llega a afectar a los niveles más altos de las terrazas y que parece tener también un carácter regional en la Cuenca del Duero, al menos en el sector central y centro-oriental.

Depósitos de valles antiguos a veces relictos y/o colgados, glaciares, coluviones y demás depósitos de laderas, ponen de manifiesto un antiguo modelado previo a la configuración de la zona.

Movimientos tectónicos de grandes bloques dentro de la Cuenca durante el Pleistoceno, pueden deducirse del profundo encajamiento de los ríos, en éste caso el Eresma, Pirón y Cega, en todo el ámbito de la Hoja de Navas de Oro y mitad sur de la Cuenca del Duero.

Por último, procesos recientes de actividad eólica (Holoceno) en la mitad occidental del valle del Duero, terminan de configurar la morfología actual de la región y cierran la historia geológica evolutiva del área estudiada.

6. GEOLOGÍA ECONÓMICA

6.1. MINERÍA Y CANTERAS

Los indicios metálicos de la Hoja son muy escasos o prácticamente nulos, debido a los escasos afloramientos existentes en la misma y a las particulares condiciones geológicas que concurren en ella. Sin embargo es conveniente citar que existen indicios en zonas próximas a ésta Hoja, en concreto en la vecina de Nava de La Asunción (Nº 456). En esta Hoja se ha detectado indicios de titanio de morfología diversa y proceso genético aluvionar, próximo al afloramiento cretácico existente en Los Huertos, así como indicios de caolín al sur de la localidad de Carbonero Mayor.

Otro aspecto negativo dentro de la Hoja es la falta de explotaciones para uso industrial. Tan solo se ha detectado, bajo el manto eólico existente al sur de la Hoja, una pequeña explotación de pizarras de carácter intermitente y semiabandonada.

En el aspecto de areneros, la Hoja se encuentra muy explotada, dada la gran acumulación de depósitos arenosos de origen eólico que cubre casi el 65% de la extensión de la misma. Destacan las explotaciones de Mudrian, aunque de carácter intermitente y siempre dependiendo de la demanda local. Existen repartidas a lo largo y ancho de la geografía de la Hoja gran cantidad de pequeñas explotaciones de este tipo de material, pero con las mismas características que la explotación de Mudrian.

6.2. HIDROGEOLOGÍA

6.2.1. Características hidrológicas

La Hoja de Navas de Oro se sitúa en el sector suroriental de la Cuenca hidrográfica del Duero y más concretamente en su margen izquierda.

El clima que predomina en la región se caracteriza por unos inviernos largos y fríos, por la irregularidad de las precipitaciones y por su aridez estival. Según PAPADAKIS (1.966), pertenece a un clima de tipo mediterráneo templado, con un régimen de humedad que lo califica de Mediterráneo seco.

En el periodo 1.940-85 las precipitaciones medias se sitúan entre los 500-600 mm, según MO-PU (1.988) (Fig. 6.1). Por este mismo periodo, la temperatura media anual osciló entre 10-11° C en el sector oriental de la cuenca y 11-12° C en el occidental, siendo la evapotranspiración potencial media anual alrededor de los 700 mm.

La red hidrográfica tiene como eje fundamental al río Pirón de sureste a noroeste por la mitad oeste de la Hoja. De menor importancia en cuanto a su recorrido, que no por lo que respecta al resto de la cuenca, están el río Cega en el ángulo noreste y el río Eresma por el ángulo suroeste. Con rango inferior figuran los cursos del río Malucas y arroyos de Maides y del Ternillo; el resto de los cauces fluviales son de pequeña consideración debido a su corto recorrido y escaso caudal. El régimen de estos cauces es de carácter pluvionival, con aguas altas en Marzo y Abril y fuerte estiaje durante y después del verano.

La región por donde discurren estos ríos, desde el punto de vista económico se basa en la agricultura y ganadería, por lo que existe una fuerte demanda de agua (11% del total nacional para la Cuenca del Duero). El sector industrial, excepto en los núcleos de población, tiene escasa importancia (5% del total nacional para la Cuenca del Duero).

La zonación establecida en el Plan Hidrológico del Duero (1.988) incluye a la Hoja de Navas de Oro en la Zona V (Fig 6.2), que en conjunto presenta un módulo de aportación anual de 23 hm³.

La calidad química de las aguas de los ríos Cega, Eresma y Pirón está clasificada como "intermedia", según datos incluidos en el Plan Hidrológico del Duero (1.988).

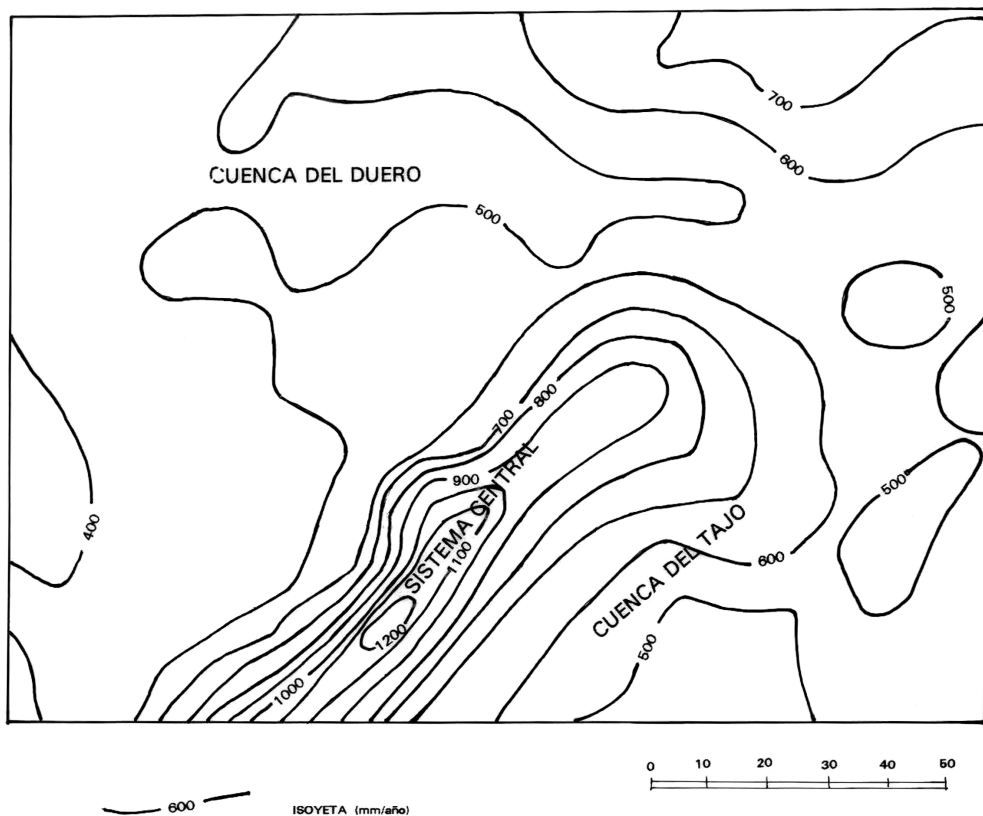


Figura 6.1. Mapa de Isoyetas de la Cuenca del Duero.

6.2.2. Características hidrogeológicas

Hidrogeológicamente la Hoja de Navas de Oro se encuentra dentro de los Sistemas Acuíferos Nº 8 y Nº 11, Terciario detrítico del Duero y Terciario y Cretácico de la Fosa de Segovia respectivamente (Fig. 6.3).

El Sistema Acuífero Nº 8 está constituido por materiales de carácter detrítico (arcosas, arcillas, margas con niveles lentejonares de arenas y gravas junto a las arenas eólicas de la región de los Arenales). Los sedimentos terciarios están rellenoando una cubeta de origen tectónico, encontrándose parcialmente cubiertas por extensos depósitos de arenas cuaternarias, haciendo una continuidad hidráulica entre ambas.

Los depósitos detríticos más gruesos (arcosas, areniscas, arenas y gravas) constituyen los niveles acuíferos propiamente dichos, mientras que las arcillas y limos arenosos que las engloban, se comportan hidráulicamente como un acuitardo.

Los materiales del Terciario Detrítico del Duero constituyen un acuífero profundo, funcionando en conjunto como un acuífero único, heterogéneo y anisótropo, confinado y semiconfinado según las zonas. La recarga se realiza exclusivamente a partir de la infiltración del agua de la lluvia, bien directamente o a través de los depósitos situadas por encima de él. El flujo es tridimensional y tiene una componente general SE-NO, hacia el río Duero.

Los datos que se disponen referentes al quimismo del agua de los acuíferos profundos, indican una calidad mediocre, con valores de conductividad entre 800 y 1.200 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Las facies hidroquímicas predominantes son de carácter sulfatado, posiblemente debido al lavado de los materiales margo-yesíferos que confirman los niveles acuíferos profundos.

Los arenales se sitúan en más del 60% de la Hoja y forman parte de una unidad mayor que se extiende fuera de los límites de la zona en cuestión. Recubren parcialmente las formaciones arcillo-arenosas de Terciario y constituyen un acuífero libre íntimamente relacionado con ella. Su espesor varía entre 2 y 15 metros.

Los ríos Eresma, Pirón y Cega actuarían como única vía de drenaje. Prácticamente la recarga procede de la infiltración del agua de lluvia, la cual es retirada temporalmente por el acuífero libre, del cual parte el drenaje por los ríos y el resto la cede lentamente por goteo al acuífero Terciario.

Aunque los acuíferos de Los Arenales son de limitado interés (en la actualidad su explotación es escasa), por lo reducido de los caudales extraíbles (10-30 l/seg) y su rápido agotamiento (6-8 horas), estos desempeñan un importante papel hidrogeológico, dado que constituyen un magnífico elemento regulador de los acuíferos profundos a los que recargar (Fig. 6.4).

Otros acuíferos de interés local y presentes en la Hoja, son los existentes en las terrazas, que son explotados con finalidad agrícola mediante pozos poco profundos y de gran diámetro. Los aluviales de los ríos tienen poca relevancia a nivel regional, dado que rara vez sobrepasan los 10 metros de espesor saturado y son por lo general de limitada extensión.

Por lo que respecta al Sistema Acuífero N° 11, este incluye sedimentos cretácicos, terciarios y cuaternarios de la Fosa de Segovia, junto a materiales paleozoicos adosados a la alineación metamórfica de Santa María La Real de Nieva y los afloramientos ígneos y metamórficos del macizo de Zarzuela del Pinar.

Las rocas metamórficas son ortogneises, grauwacas, cuarcitas y pizarras, mientras que las ígneas incluyen granitos monzoníticos y/o adamellitas. Desde el punto de la explotación de los recursos hídricos, estos materiales presentan escaso interés debido a su baja permeabilidad, mostrándose localmente susceptibles de albergar agua en zonas de intensa fracturación

El Sistema Acuífero N° 11 posee carácter libre en la zona donde aflora y confinado en el resto, así como una acusada anisotropía. El Sistema posee un espesor próximo a los 150 metros en sectores más orientales, disminuyendo a tan solo 50 metros en el Macizo de Zarzuela del Pinar.

La facies hidroquímica dominante es bicarbonatada cálcica, sin que se aprecien valores anómalos de cloruros, sulfatos y nitratos.

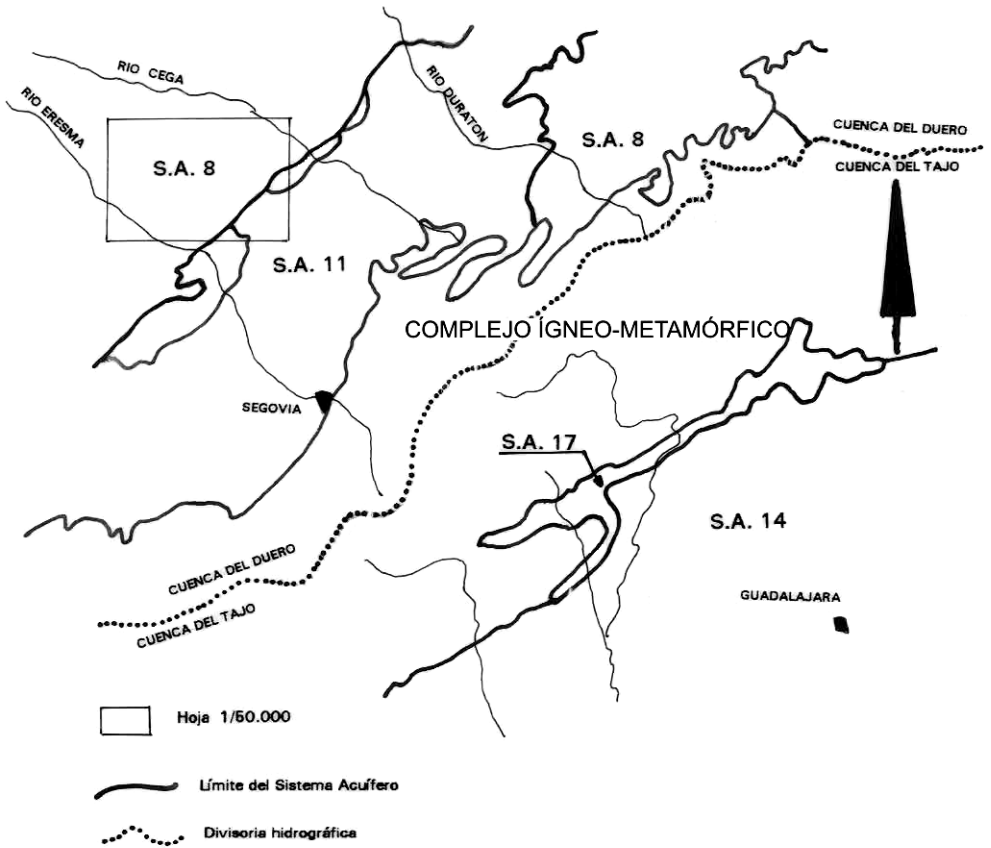


Figura 6.3. Esquema hidrogeológico regional.

El acuífero se recarga principalmente por infiltración de agua de lluvia en las zonas aflorantes y debido a la conexión con el acuífero detrítico Terciario se producen recargas y descargas en función de las condiciones hidroquímicas. En el ámbito de la Hoja, la descarga se realiza por extracciones para abastecimiento y regadío, e incluso por salidas locales hacia el acuífero mesozoico, existiendo sondeos con caudales próximos a los 20 l/seg.

El Cretácico superior comprende dos tramos de características litológicas contrastadas, lo cual implica un comportamiento hidrogeológico diferente. Se trata de materiales detríticos (arenas y arcillas), semejantes a la tradicional y conocida "Formación Utrillas", y carbonatados (calizas y dolomías) suprayacentes depositadas en el intervalo Cenomaniense-Santonense.

Las arenas y arcillas basales poseen permeabilidad media-baja por porosidad intergranular. Desde el punto de vista de los recursos hídricos no tienen interés debido a la individualización de los cuerpos arenosos permeables, aunque localmente puedan tener lugar surgencias pluripuntuales.

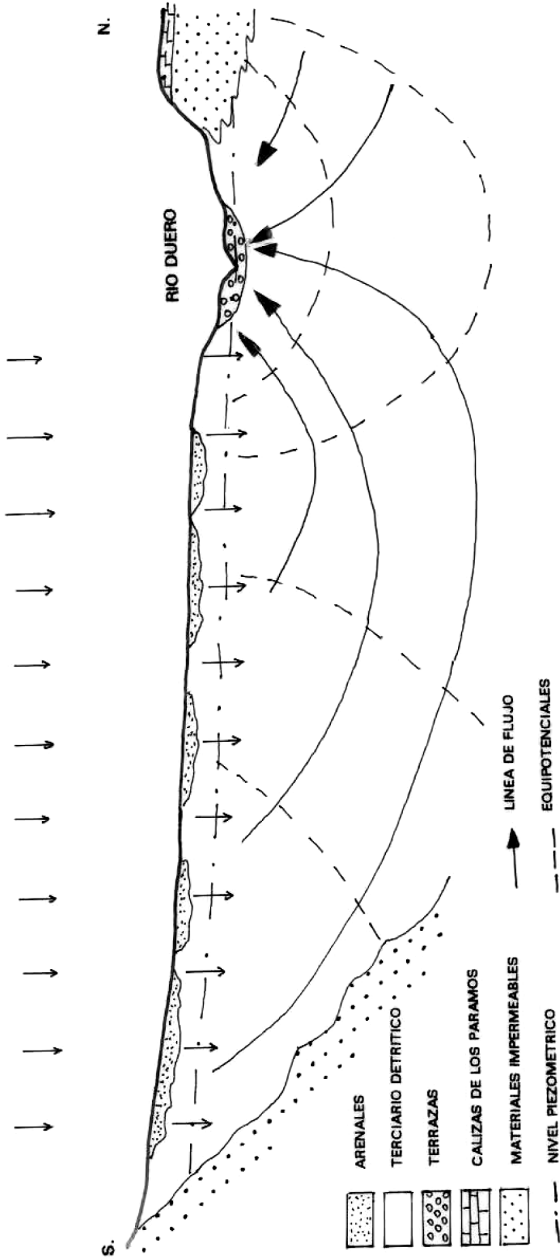


Figura 6.4. Esquema de direcciones de flujo en Los Arenales.

Las dolomías y calizas presentan una permeabilidad media-alta por porosidad intergranular y fisuración. Actuarían como un acuífero heterogéneo y anisótropo, de transmisividad baja, que funciona en régimen de confinamiento o semiconfinamiento, si bien puede aparecer con carácter libre.

La recarga se efectuaría principalmente por infiltración del agua de lluvia y de los aportes laterales de los acuíferos Cretácico carbonatado y detrítico Cuaternario, así como por el retorno del agua del riego. La descarga se produce principalmente a los cursos fluviales que surcan estos materiales y por extracciones artificiales mediante bombeo; Eresma y Pirón con 5,1 hm³/año y Cega 3,4 hm³/año, son los valores medios para cada uno.

La utilización del agua se centra en el abastecimiento urbano y en el riego. La composición es del tipo bicarbonatado cálcico-magnésico, presentando valores significativos de nitratos como consecuencia de la utilización e infiltración de los abonos. Los valores de conductividad de estas aguas están comprendidos entre los 300 y 400 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

El Cuaternario comprende tres grupos de materiales en función de su grado de permeabilidad:

- Las arcosas, gravas, arenas y limos presentan una permeabilidad media-alta por porosidad intergranular. Son depósitos de poco espesor y que localmente pueden tener interés desde el punto de vista de explotación de recursos hídricos. Pueden ser explotados mediante pozos de escasa profundidad.
- Las arenas, que constituyen el Manto eólico, tienen una permeabilidad muy alta por porosidad intergranular. Constituyen un acuífero libre, con amplia distribución, pero apenas explotado por pozos, debido a que se asientan grandes extensiones de pinares, siendo despreciables las parcelas dedicadas a la agricultura. Sin embargo y a pesar de ser poco beneficiadas, parece ser que desempeñan un importante papel hidrogeológico como regulador de la recarga del Terciario sobre el que se apoya.
- Por último, las arcillas y limos de los fondos endorreicos holocenos, presentan una permeabilidad baja a muy baja, generándose bajo una dinámica lacustre palustre.

6.3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES

La elaboración de éste apartado es una síntesis donde se exponen las características geotécnicas de los materiales que constituyen la Hoja de Navas de Oro. Esta trata de recoger una información que sirva de apoyo al Mapa Geológico Nacional y que puede ayudar a los futuros estudios geotécnicos.

6.3.1. Síntesis geotécnica

6.3.1.1. Criterios de división

La superficie de la Hoja se ha dividido en Áreas y posteriormente cada Área en Zonas. El criterio seguido para la división de estas Áreas ha sido fundamentalmente geológico, entendido como

una síntesis de aspectos litológicos, tectónicos, geomorfológicos e hidrogeológicos, que analizados en conjunto, dan a cada Zona una homogeneidad en el comportamiento geotécnico.

Se describe la permeabilidad, el drenaje, la capacidad de carga, la ripabilidad, así como diferentes condicionantes geotécnicos como son los deslizamientos, hundimientos y otros riesgos. La calificación y cuantificación de estos parámetros son orientativas, por lo que deben de utilizarse a título orientativo.

6.3.1.2. División de Áreas y Zonas geotécnicas

En el cuadro adjunto de síntesis se han representado cinco Áreas, las cuales a su vez se han dividido en Zonas geotécnicas. Estas Áreas se definen de la siguiente manera:

Área I.- Agrupa todas las formaciones rocosas de origen ígneo y metamórfico.

Área II.- Se incluyen los materiales de edades comprendidas entre el Precámbrico y el Ordovícico inferior y correspondientes a materiales de origen metasedimentario.

Área III.- Integra los sedimentos del Cretácico superior.

Área IV.- Corresponde a todos los afloramientos pertenecientes al Terciario.

Área V.- Engloba a todos los sedimentos de edad cuaternaria.

A su vez estas Áreas se han dividido en las siguientes Zonas geotécnicas, donde cada una se define y agrupa a las siguientes unidades cartográficas del Mapa Geológico.

Área I:

Zona I₁- Corresponde a rocas ígneas hercínicas, concretamente a las rocas graníticas de tipo monzonítico (adamellititas), coincidente con la unidad cartográfica 1.

Zona I₂- En esta Zona se incluyen las rocas metamórficas ortoderivadas de edad precámbrica, como son los ortogneises glandulares. Unidad cartográfica 2.

Área II:

Zona II₁- Agrupa las capas de "Santa María" que se encuentran constituidas por pizarras, grauwacas y cuarcitas, todas ellas datadas como Precámbrico-Cámbrico inferior. Corresponde con la unidad cartográfica 3.

Zona II₂- Materiales correspondientes al Ordovícico inferior. Corresponden con las capas de Domingo García. Litológicamente son cuarcitas y pizarras y corresponde con la unidad cartográfica 4.

Área III:

Zona III₁- Se trata de la primera unidad del Cretácico superior. Son las arenas y arcillas de la Formación "Arenas de Segovia" y corresponde con la unidad cartográfica 5.

Zona III₂.- Esta zona corresponde con el Cretácico superior carbonatado. Se encuentra constituido litológicamente por alternancias de dolomías, calizas y margas con esporádicas intercalaciones de areniscas. Corresponde con las unidades cartográficas 6 y 7.

Área IV:

Zona IV₁.- En esta zona se incluye todas las unidades del Terciario de carácter eminentemente detrítico y cuya edad se sitúa íntegramente en el Mioceno. Litológicamente se encuentran constituidas por arenas, arcosas, areniscas, arcillas, brechas y conglomerados. Se incluyen aquí las unidades cartográficas 8 y 9.

Zona IV₂.- Conjunto margo-arenoso con nódulos carbonatados. Corresponde con la unidad cartográfica 10.

Zona IV₃.- Se ha individualizado como zona geotécnica independiente un pequeño afloramiento en la esquina SE de la Hoja y corresponde con las calizas y margas del Vallesense (Unidad cartográfica 11).

Área V:

Zona V₁.- Corresponde con los depósitos de terrazas. Son arenas, gravas y limos y se encuentran representados como la unidad cartográfica 13.

Zona V₂.- En esta zona se agrupan los materiales incluidos en la denominada “Superficie Coca-Arévalo”. Son arenas, arenas arcósicas y gravas de cuarzo. Se ha representado dentro del Mapa Geológico como la unidad cartográfica 12.

Zona V₃.- En esta zona se han incluido todos aquellos depósitos de acumulación por gravedad, como son los coluviones y conos de deyección. Se han representado como las unidades cartográficas 16 y 17.

Zona V₄.- Materiales incluidos en las áreas endorreicas. Son arenas, limos y arcillas. Es la unidad cartográfica 20.

Zona V₅.- Son depósitos constituidos a partir de la acumulación eólica de las arenas. Se han agrupado tres unidades cartográficas dentro de esta zona geotécnica y son las 14, 15 y 19.

Zona V₆. Corresponde a sedimentos pertenecientes a los fondos de valle y meandros abandonados. Son arenas, limos y limos arcillosos con gravas de cuarcita y cuarzo. Se representan dentro del Mapa Geológico con las unidades 18 y 21.

6.3.1.3. Descripción de Áreas y Zonas geotécnicas

Área I:

Zona I₁. Características litológicas

Las adamellitas del Macizo de Zarzuela del Pinar, dan lugar a terrenos de morfología suave y alomada. Son granitos con un alto contenido en biotita, de tamaño de grano medio a grueso, con

escasos fenocristales de feldespato, junto a los que aparece cuarzo y plagioclasa como minerales principales.

Características geotécnicas

El conjunto se considera como impermeable, aunque puede presentar una cierta permeabilidad en zonas de alteración y acumulación arenosa así como en zonas de fracturación y tectonización. El drenaje se realiza mediante escorrentía superficial más algo por infiltración en zonas de alteración y tectonización. Son materiales no ripables y con una alta capacidad de carga.

No se ha apreciado condicionante geotécnico alguno. Tampoco se ha observado taludes naturales en los que se pueda apreciar su estado, si bien en desmontes no se prevé problemas al respecto.

Zona I₂: Características litológicas

En general son gneises de grano grueso a muy grueso, biotíticos y con presencia de grandes cristales de feldespato potásico. En ocasiones se intercalan diques de cuarzo, aplíticos y pegmatoides con turmalina.

Características geotécnicas

La zona se considera como impermeable, aunque puede presentar una cierta permeabilidad ligada a zonas arenosas de alteración o tectonización.

Existe una marcada red de escorrentía superficial, sobre materiales no ripables que presentan una elevada capacidad de carga. En ellos no se ha encontrado condicionantes geotécnicos de relevancia.

Área II:

Zona II₁: Características litológicas

Se encuentra constituida esta zona geotécnica por las "Capas de Santa María", cuyos materiales están compuestos por alternancias de pizarras arenosas grises, grauwas y cuarcitas. Localmente se intercalan lentejones de mármoles así como gneises glandulares de escasa continuidad lateral.

Características geotécnicas

Se comporta como una formación impermeable con una cierta permeabilidad ligada a fracturas. Su drenaje se realiza mediante escorrentía superficial. El conjunto es fácilmente erosionable, a excepción hecha de los niveles cuarcíticos y de grauwas. La capacidad de carga es buena. En general son materiales ripables dadas las características de estratificación y pizarrosidad. solo los materiales cuarcíticos y gnéisicos resistirán el ripado por lo que se necesitará voladuras.

No se ha observado ningún condicionante geotécnico de importancia, si bien existe un grado de erosionabilidad diferencial por lo que se prevé caída de bloques en aquellos niveles con estratifi-

cación desfavorable. Los taludes naturales suelen estar estables por lo que los desmontes podrán soportar taludes de ángulos de inclinación elevados.

Zona II₂: Características litológicas

“Las Capas de Domingo García” afloran en el borde centro-sur de la Hoja y constan de una alternancia de cuarcitas y pizarras, estas últimas en niveles delgados, y en la que casualmente se intercalan niveles de conglomerados.

Características geotécnicas

Se comporta como una zona impermeable, apareciendo determinados puntos en los que la permeabilidad será mayor debido a la fracturación. Su drenaje se realiza por escorrentía superficial. La capacidad de carga es buena, por lo que no es de prever problemas de asentamientos. No son materiales ripables, a excepción hecha de los niveles pizarrosos cuando estos son potentes.

No se ha encontrado problemas o condicionantes geotécnicos de relevancia. Los taludes naturales son fuertes y estables, por lo que se prevén desmontes con taludes cercanos a la verticalidad.

Área III:

Zona III₁: Características litológicas

Los materiales que constituyen esta zona geotécnica se sitúan discordantes tanto con los afloramientos del Macizo de Zarzuela del Pinar, como con los sedimentos de edad Terciario que los rodean.

La Formación “Arenas y arcillas de Segovia” es eminentemente detrítica, siliciclástica y bastante homogénea. Aparecen dentro de sus materiales cuerpos de conglomerados cuarcíticos de poca extensión lateral, así como gravas y cantos sueltos y encostramientos por óxidos férricos.

Características geotécnicas

Son materiales de media a alta permeabilidad por lo que el drenaje se realiza mediante escorrentía superficial más infiltración. Son fácilmente excavables, y su capacidad de carga varía entre media y baja.

Los condicionantes geotécnicos más representativos en la Zona son los posibles asentamientos diferenciales y la fácil erosionabilidad de sus materiales.

Zona III₂: Características litológicas

Se trata de unas unidades fácilmente identificables en la región por sus claras diferencias con otras contiguas. La zona desde el punto de vista litológico se encuentra constituida por dos grandes formaciones a nivel regional. La más inferior es la que se denomina como Formación “Dolomías tableadas de Caballar” y la superior corresponde con la Formación “Calizas y dolomías de Castrojimeno”. En general son sedimentos más o menos carbonatados entre los que se intercalan niveles margosos y en ocasiones areniscas, sobre todo este último aspecto se desarrolla en la formación superior. Ambas formaciones suelen dar resalte morfológico claro.

Características geotécnicas

Son sedimentos por lo general permeables, principalmente por fisuración y karstificación. El drenaje se realiza por infiltración más escorrentía. Son rocas de cierta dureza, a excepción de los tramos margosos, siendo necesario para su extracción el uso de explosivos. La capacidad de carga es media-alta.

Los principales condicionantes geotécnicos son los derivados de la alta karstificación y fisuración que presentan todos los materiales de las dos formaciones geológicas. es importante resaltar la posibilidad de hundimientos por la karstificación de los materiales calcáreos. también existen riesgos de desprendimientos y descalces por erosión diferencial. Los taludes naturales observados son pequeños y de estabilidad diferencial por lo que los desmontes a realizar deberán tener en cuenta estos aspectos, protegiendo los materiales más blandos y erosionables en aquellos puntos donde la estratificación sea desfavorable.

Área IV:

Zona IV₁: Características litológicas

Esta zona incluye los primeros afloramientos pertenecientes al Terciario. Es un conjunto eminentemente detrítico, en el cual abundan materiales de granulometría media a gruesa, como son las areniscas, conglomerados y brechas y más finos como las arcosas y arcillas, además de un cierto contenido en carbonatos.

Características geotécnicas

Es una zona que en conjunto se comporta como semipermeable. La permeabilidad del acuífero responde depende de la mayor o menor frecuencia de los lentejones arenosos, de su tamaño de grano y sobre todo de su mejor o peor clasificación. El drenaje se efectúa por escorrentía. la excavabilidad es fácil, si bien existen niveles de areniscas y conglomerados cementados que dificultarán esta operación. la capacidad de carga es media a baja con puntos de mayor grado debido a la cementación de sus materiales.

Los condicionantes geotécnicos más relevantes son la fácil erosionabilidad de los sedimentos arcóscicos, arenas y niveles arcillosos y la erosión diferencial entre los materiales de diferente compacidad.

Zona IV₂: Características litológicas

Son materiales margo-arenosos, en cuyas características figura la presencia de nódulos carbonatados y a veces niveles delgados de calizas margosas.

Características geotécnicas

Son materiales impermeables y su drenaje se realiza íntegramente por escorrentía superficial. La ripabilidad es buena y su capacidad de carga es media a baja.

No se ha apreciado ningún condicionante geotécnico de relevancia.

Zona IV₃: Características litológicas

Son los afloramientos terciarios más altos estratigráficamente y corresponden a una pequeña zona en el ángulo SE de la Hoja. Se encuentran constituidos por alternancias de calizas margosas y margas blancas.

Características geotécnicas

La permeabilidad se presenta en todos sus términos, es decir, entre permeable a impermeable, siendo el drenaje por escorrentía más infiltración. La excavabilidad es muy variable, existiendo zonas de fácil acceso y zonas en las que ésta será de mayor dificultad, no obstante se ha de considerar como de fácil excavabilidad en general. La capacidad de carga se ha de considerar como media a alta.

No existen condicionantes geotécnicos de relevancia, si bien se ha de tener en cuenta que existen zonas de alta fracturación y diaclasado. Los taludes naturales observados se encuentran muy degradados, sobre todo en su parte margosa, dentro de la cual se observan caída de pequeños bloques de calizas de la parte superior.

Área V:

Zona V₁: Características litológicas

Esta zona engloba todos los depósitos correspondientes a las terrazas fluviales de los ríos Eresma, Pirón y Cega. Su litología se caracteriza por presentar una abundancia de materiales arenosos de naturaleza eminentemente arcósica, así como gravas dispersas y limos. Las gravas son de cuarzo y cuarcita, granitos y rocas metamórficas.

Características geotécnicas

Son materiales permeables y su drenaje se realiza por infiltración. Son materiales de fácil extracción por lo que no presentan problemas de excavabilidad. La capacidad de carga se puede catalogar como media.

Los principales condicionantes geotécnicos son los derivados del nivel freático; éste se encuentra cercano a la superficie provocando problemas de agotamiento, así como problemas de asientos diferenciales. La presencia de concentraciones de sulfatos en algunos puntos de estos depósitos, hace que se produzcan fenómenos de agresividad en sus aguas así como en sus materiales.

Zona V₂: Características litológicas

Se trata de los materiales incluidos en la denominada "Superficie Coca-Arévalo", en cuya formación intervienen tanto procesos eólicos como fluviales. Desde el punto de vista litológico se encuentran constituidas por arenas, arenas arcósicas y gravas, siendo los limos y arcillas materiales de escasa proporción.

Características geotécnicas

Son materiales permeables y su drenaje se realiza por infiltración. Se pueden excavar con facilidad mediante pala mecánica y su capacidad de carga es media a baja. La escasa compacidad del depósito constituye el principal condicionante geotécnico. No se han observado taludes naturales dado el escaso desarrollo vertical de sus depósitos.

Zona V₃: Características litológicas

Se han agrupado en esta zona los depósitos de gravedad formados a partir de coluviones y conos de deyección. Su litología se compone de limos, arenas con cantos y limos con gravas. Son principalmente arenas con cantos y bloques y limos arcillosos con gravas de cuarcita y cuarzo. Se localizan sobre las laderas de los valles y las salidas de los barrancos respectivamente.

Características geotécnicas

Se presentan en términos de semipermeable a impermeable, por lo tanto el drenaje se realiza por escorrentía y algo por infiltración. La excavabilidad es fácil, siendo su capacidad de carga media a baja.

Los condicionantes geotécnicos más relevantes se asocian a los posibles deslizamientos, debido a su escasa consolidación e inestabilidad. Son depósitos poco cohesionados y tendentes al movimiento. Es posible la existencia de niveles colgados de agua. Los taludes naturales observados se encuentran degradados y erosionados por lo que los desmontes a realizar en estos materiales tenderán a tener una protección especial.

Zona V₄: Características litológicas

Se han agrupado en esta zona geotécnica los depósitos que rellenan las áreas con drenaje deficiente (fondos endorreicos). Son materiales principalmente arcillosos, junto a arenas, limos y un alto contenido en materia orgánica.

Características geotécnicas

Son en su práctica totalidad materiales impermeables, si bien puede existir una lenta percolación del flujo del agua. El drenaje es deficiente y se realiza mediante escorrentía, existiendo algo de infiltración. La excavabilidad no presenta problemas y su capacidad de carga es muy baja, dado que son depósitos escasamente consolidados.

Los condicionantes geotécnicos más relevantes se centran en la inestabilidad del sustrato rocoso, así como su drenaje deficiente, que en épocas de lluvia origina encharcamientos temporales.

Zona V₅: Características litológicas

A esta zona corresponden todos aquellos depósitos de origen eólico, que se encuentran muy extendidos por la Hoja. Litológicamente son arenas cuarcíticas finas y muy bien clasificadas y en las que es muy frecuente observar estructuras derivadas de la acción del viento.

Características geotécnicas

Son materiales de muy alta permeabilidad. Su drenaje se realiza íntegramente por infiltración. Son fácilmente excavables y su capacidad de carga se puede catalogar como baja a muy baja, dado el grado mínimo de consolidación de estos materiales, el cual hace que se considere como el principal condicionante geotécnico.

Zona V₆: Características litológicas

Se describe en esta zona geotécnica los depósitos correspondientes a los fondos de valle y a los meandros abandonados. Son en general sedimentos constituidos por arenas, limos y limos muy arcillosos, todos ellos con cantos cuarcíticos dispersos.

Características geotécnicas

En conjunto se consideran depósitos permeables a semipermeables, siendo el drenaje por escorrentía más infiltración. Se excavan fácilmente dado su grado de consolidación bajo, siendo su capacidad de carga entre baja a muy baja.

La presencia de niveles freáticos altos, cercanos a la superficie, provocará problemas de agotamiento en las zanjas y excavaciones que se realicen. Existen riesgos de inundación dentro de la zona.

7. PATRIMONIO NATURAL GEOLÓGICO

En este epígrafe se trata de dejar constancia de los lugares de interés geológico o de protección de la Naturaleza, como continuación del Inventario Nacional de Puntos de Interés Geológico, puesto en realización por el IGME en 1.978.

Los fines perseguidos en este proyecto pueden resumirse en:

- Conocimiento del Patrimonio Geológico.
- Creación de archivos de documentación.
- Sistematizar y aprovechar la cantidad de información obtenida en la realización del MAGNA y en otras actividades geológicas.
- Proporcionar material didáctico para la enseñanza
- Fomentar la investigación de enclaves de material geológico, lo que conlleva un mayor conocimiento de la Naturaleza
- Elevar nuestro prestigio entre países de vanguardia en investigación y conservación de la Naturaleza (ELIZAGA, E; 1.988)

Uno de los objetivos de la realización de este inventario, es el establecimiento de una red de estaciones susceptibles de organizar itinerarios que permitan reconocer las características de cada región geológica.

Por otra parte, es de esperar que este esfuerzo desemboque en la creación de un marco legislativo capaz de proteger este patrimonio irrenovable.

7.1. DESCRIPCIÓN Y TIPO DE INTERÉS DE LOS P.I.G.

Se han seleccionado en la Hoja un total de tres puntos de interés, que reflejan las características de la práctica totalidad de los aspectos geológicos que esta presenta.

Dado que estas características, se extienden más o menos uniforme por regiones próximas más amplias, los procesos observables de estos P.I.G. se han considerado de influencia regional. No obstante no pasan de ser ejemplos locales de fenómenos presentes en zonas más amplias.

El contenido de estos P.I.G. se encuadran en disciplinas, cuya utilización siempre deberá ser de carácter científico y didáctico.

7.2. CRITERIOS METODOLÓGICOS DE SELECCIÓN

La selección de los P.I.G. se ha realizado de acuerdo con las directrices indicadas por el IGME, y utilizando un método directo de subjetividad (CLAVER et al .1.984).

Evidentemente, los criterios de selección se ven condicionados necesariamente por la realidad geológica de la Hoja y del área, encaminándose a reflejar de forma esquemática la historia patentizada por los materiales presentes.

P.I.G. nº 1. Uno de los aspectos más relevantes, dentro de la región en la que se ubica la Hoja de Navas de Oro, es sin duda la existencia de materiales de origen metamórfico y plutónico, la mayoría de las veces muy bien expuestos y de alto interés científico. Dentro de la Hoja, se ha seleccionado uno de estos puntos, en concreto el situado en las proximidades del Alto de San Cebrián, junto a la pista que va desde Zarzuela del Pinar hasta Navalmanzano. En él se puede apreciar una de las principales características de estos materiales y es la presencia, dentro de su estructura, de grandes cristales de feldespatos potásicos, en la mayoría de los casos muy bien cristalizados. Estos cristales se encuentran englobados dentro de una textura rocosa correspondiente a gneises glandulares ricos en biotita. También dentro de este punto se puede apreciar la existencia de numerosos diques aplíticos que atraviesan la masa rocosa principal.

P.I.G. nº 2.- En realidad, corresponde la selección de este punto a un amplio y extenso afloramiento que existe en la vecina Hoja de Nava de La Asunción, y que tiene reflejo dentro de la de Navas de Oro. Corresponde a los metasedimentos del Cámbrico inferior y/o al conocido "Complejo Esquisto-Grauwaquico". Es importante destacar que existen numerosos puntos de esta formación con mejores características de observación que el definido dentro de ésta Hoja. Sin embargo, dado que este "Complejo" reúne condiciones geológicas de alto interés científico, se ha tenido en cuenta la individualización de uno de sus puntos dentro de la Hoja de Navas de Oro.

El afloramiento elegido se encuentra ubicado en la carretera local de Carbonero Mayor a Pinarnegrillo. a la altura del P.K. 1, y en este punto se puede observar la mayoría de las caracte-

rísticas geológicas que reúnen estos materiales. están constituidos por alternancias de esquistos, grauwacas, litoarenitas, cuarcitas, anfibolitas y gneises glandulares, todos ellos afectados por numerosas fases tectónicas que se aprecian mediante la fuerte esquistosidad que presentan.

P.I.G. nº 3.- Una de las principales características de la Hoja y de la región es la existencia de grandes acúmulos de arenas de origen eólico. Estas cubren extensas áreas dentro y fuera de la Hoja. Dan lugar a zonas en las que es posible observar auténticas dunas eólicas de alturas superiores a los 20 metros. Como ejemplo de estos materiales, por la buena exposición que presentan, se han escogido las dunas eólicas que aparecen en las proximidades de la localidad de Mudrian. En la actualidad algunas de estas dunas se encuentran en explotación como areneros.

8. BIBLIOGRAFÍA

- AEROSERVICE LTD (1967). "Mapa Geológico de la Cuenca de Duero. Escala 1:250.000". Inst. Nac. de Colonización e Inst. Geol. Min. de España. Madrid.
- AGUIRRE, E.; DÍAZ MOLINA, M. y PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1976). "Datos paleomastológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta Sur Española". Trab. Neógeno-Cuaternario, 5: 7-29.
- ALBERDI, M.T.; LÓPEZ, N.; MORALES, J.; SESE, C. y SORIA, D. (1981). "Bioestrati-grafía y biogeografía de la fauna de mamíferos de los valles de Fuentidueña (Segovia)". Estudios Geológicos, 37: 503-511.
- ALCALÁ DEL OLMO, L. (1972). "Estudio sedimentológico de los arenales de Cuéllar". Inst. Geol. 28, 345-358.
- ALCALÁ DEL OLMO, L. (1974). "Estudio edáfico-sedimentológico de los arenales de la Cuenca del Duero". Tesis Doctoral. Univ. Compl. Madrid.
- ALONSO, A. (1981). "El Cretácico de la provincia de Segovia (Borde norte del Sistema Central)". U.C.M. Sem. Estrat., 7: 1-271.
- ALONSO, A. y MAS, J.R. (1977). "Evolución sedimentológica de la Unidad media detrítico-terri-gena del Cretácico de la Sierra de Pradales, N de la provincia de Segovia". Est. Geol. 33 (6): 517-523.
- ALONSO, A. y MAS, J.R. (1982). "Correlación y evolución paleogeográfica del Cretácico al Norte y Sur del Sistema Central". Cuad. Geol. Ibérica, 8: 145-166.
- ALONSO, A. y FLOQUET, M. (1982). "Sedimentation et environnement au Turonien en Vieille Castille (Espagne): Un modèle d'évolution en domaine de Plateforme". Mem. Mus. Nat. His. Nat. París C., 49: 113-128.
- ÁLVAREZ LOBATO, F. (1982). "Contribución al estudio tectónico de la región de Santa María La Real de Nieva". Temas Geológicos y Mineros, 6 (1): 87-108.

- ÁLVAREZ, F.; GONZÁLEZ LODEIRO, F. y MARTÍN PARRA, L.M. (1988). "Las deformaciones hercianas tardías en la región de Santa María La Real de Nieva (Sistema Central Español)". 5ª Reunión de la Sociedad Geológica de España. Oviedo, 1988.
- APARICIO, A.; BARRERA, J.L.; CARABALLO, J.M.; PEINADO, M. y TINAO, J.M. (1975). "Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central Español". Mem. IGME, 88: 1-145.
- APARICIO, A.; BELLIDO, F.; BRANDLE, J.L.; GARCÍA CACHO, L. y SANTOS, V. (1983). "Caracterización de los granitoides hercínicos del sector centro-oriental del Sistema Central Español". Est. Geol., 39: 271-306.
- ARAGONÉS, E. (1979). "Sedimentos fluviales de la Facies "Tierra de Campos" (Cuenca del Duero, Palencia)". Primera reunión Reg. Geol. C. Duero.
- ARÁNZAZU, J.M. (1877). "Apuntes para una descripción físico-geológica de las provincias de Burgos, Logroño, Soria y Guadalajara". Bol. Com. Geol. de España, Tomo IV: 39 págs.
- ARMENTEROS, I. (1978). "Estratigrafía y sedimentología del Terciario del Sector suroriental de la Cuenca del Duero (zona Torregalindo-Milagros-Aldeanueva de la Serrezuela, Prov. de Burgos y Segovia)". Tesis de Licenciatura de la Universidad de Salamanca: 52 págs. (inédita).
- ARMENTEROS, I. (1986). "Estratigrafía y Sedimentología del Neógeno del Sector suroriental de la Depresión del Duero". Publ. de la Diputación de Salamanca. Serie Castilla y León. 426 págs.
- ARMENTEROS, I. y ALONSO GAVILÁN, G. (1983). "Presencia de caliche fósil en el Mioceno aluvial al sur de Aranda de Duero". Estudios Geológicos, 40: 153-163.
- ARMENTEROS, I.; CARBALLEIRA, J.; CORROCHANO, A.; CORRALES, I. y ALONSO GAVILÁN, G. (1982). "Los abanicos aluviales terciarios del flanco norte de la Sierra de Honrubia-Pradales". Temas Geológicos Mineros. IGME. Tomo 6, 1ª parte: 109-123.
- AZOR, A.; GONZÁLEZ LODEIRO, F.; HACAR, M.; MARTÍN PARRA, L.M.; MARTÍNEZ, J.R. y PÉREZ, A. (1992). "Estratigrafía y estructura del paleozoico en el dominio del Olló de Sapo". En GUTIÉRREZ, J.; SAAVEDRA, S. y RABANO, I. (eds.). Paleozoico inferior de Ibero-América. Universidad de Extremadura, 25: 469-483.
- BARD, J.P.; CAPDEVILA, R. y MATTE, PH. (1970). "Les grands traits stratigraphiques, tectoniques, métamorphiques et plutoniques des Sierra de Gredos et de Guadarrama (Espagne Central)". C.R. Acad. Sci. Paris, d, 270: 2630-2633.
- BARRERA, J.L.; BELLIDO, F.; BRANDLE, J.L. y PEINADO, M. (1981). "Espectro geoquímico de los granitoides tardihercínicos del Macizo Hespérico (Sector Español)". Cuad. Geol. Iber. 7: 219-234.
- BELLIDO, F.; CAPOTE, R.; CASQUET, C.; FUSTER, J.M.; NAVIDAD, M.; PEINADO, M. y VILLASECA, C. (1981). "Caracteres generales del cinturón hercínico en el Sector Oriental del Sistema Central Español". Cuad. Geol. Iber. 7: 15-52.

- BISCHOFF, L.; WILDBERG, H. y BAUMANN, A. (1986). "Uranium-lead/ages of zircons from gneisses of the Sistema Central, Central Spain". Intern. Conf. Iber. Terranes Proj., 233: 39.
- BUSCALIONI, A.D. y SANZ, J.L. (1987). "First report on a new crocodile from the Upper Cretaceous of Spain (province of Segovia): a short comparison review with the Gondwana and Laurasia Upper cretaceous Crocodiles". P.M. CURRIE y E.H. KOSTER (eds.) Shorts Papers: Fourth Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems Drumheller, 1987. Occasional Paper of Tyrell Mus. of Paleont. 3: 36-41. Alberta. Canada.
- CALDERÓN, S. (1984). "Sobre el origen y desaparición de los lagos terciarios de España". Bol. Inst. Libre de Enseñanza, I. Madrid.
- CAPOTE, R. (1983). "La estructura de la extensión SE de la Zona Centro-Ibérica en el Sistema Central". Libro Jubilar J.M. Ríos, 1: 467-476.
- CAPOTE, R. (1985). "Historia deformativa en el Sistema Central. Tectónica prehercínica y hercínica". Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fis. y Nat., 79 (4): 511-522.
- CAPOTE, R.; CASQUET, C. y FERNÁNDEZ CASALS, M.J. (1982). "Los grandes complejos estructurales del Sistema Central: Modelo de evolución Tectometamórfica". Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat., 76 (2): 313-331.
- CAPOTE, R. y FERNÁNDEZ CASALS, M.J. (1975). "Las series anteordovícicas del Sistema Central". Bol. Geol. Min., 86 (6): 581-596.
- CAPOTE, R.; FERNÁNDEZ CASALS, J.L.; GONZÁLEZ LODEIRO, F. e IGLESIAS, M. (1977). "El límite entre las zonas astur occidental-leonesa y galaico-castellana en el Sistema Central". Bol. Geol. Min., 88 (6): 517-520.
- CAPOTE, R. y VEGAS, R. (1968). "El paleozoico de los alrededores de Ávila". Estudios Geológicos, 24: 181-189.
- CASAS, L. y LEGUEY, S. (1971). "Estudio mineralógico de los sedimentos detríticos del borde Norte del Guadarrama en la Cuenca del río Eresma (provincia de Segovia)". I. Congr. His. Luso-Amer. Geol. Econom. 1, 115 -138.
- CASAS, J.; LEGUEY, S. y RODRÍGUEZ, J. (1972). "Mineralogía y sedimentología de las arenas que recubren el terciario entre los ríos Pirón y Voltoya". Est. Geol. 28, 287-296.
- CASIANO DEL PRADO, M. (1854). "Mote sur la constitution geologique de la province de Segovia". Bull. Soc. Geol. France. t.11, pp. 330-338.
- CASQUET, C.; FUSTER, J.M.; GONZÁLEZ CASADO, J.M.; PEINADO, M. y VILLASECA, C. (1988). "Extensional Tectonics and Granite Emplacement in the Spanish Central System. A Discussion". European Geotraverse (FGT) Project: 65-76.
- C.G.S.-ADARO (1978). "Síntesis geológica previa para la prospección de Uranio en la Cuenca del Duero". J.E.N. (Inédito).

- C.G.S.-IMINSA (1978). "Síntesis geológica previa de la Cuenca del Duero". Proyecto MAGNA. IGME (Inédito).
- CORRALES, J.; CARBALLEIRA, J.; CORROCHAMO, A.; POZ, C. y ARMENTEROS, J. (1978). "Las facies Miocenas de Sector Sur de la Cuenca del Duero". Publ. Dep. Estr. Univ. Salamanca, nº 9.
- CORTÁZAR, S. (1890). "Descripción física y geológica de la provincia de Segovia". Bol. Com. Mapa Geol. España, 17. Madrid.
- CORROCHANO, A. (1977). "Estratigrafía y sedimentología del Paleógeno de la Provincia de Zamora". Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.
- FERNÁNDEZ CASALS, M.J. (1974). "Significado geotécnico de la formación gnéissica de La Morcuera". Stv. Geol. Salm., 7: 87-106.
- FERNÁNDEZ CASALS, M.J. (1976). "Estudio meso y microtectónico de la zona de tránsito paleozoico-metamórfico de Somosierra (Sistema Central Español)". Tesis Doctoral Univ. Compl. Madrid, 1-305.
- FERNÁNDEZ CASALS, M.J. y GUTIÉRREZ MARCO, J.C. (1985). "Aspectos estratigráficos de la cadena hercínica en el Sistema Central". Rev. R. Acad. Cienc. Exac. Fis. Nat. 79 (4): 487-509.
- FERNÁNDEZ NAVARRO, L. (1897). "Excursión por el terreno cretácico de los alrededores de Segovia". Actas R. Soc. Esp. Hist. Nat. 26: 91-99.
- FERNÁNDEZ, P. (1987). "Geomorfología del sector comprendido entre el S. Central y el Macizo de Santa María la Real de Nieva (Segovia)". Tesis Doctoral. Univ. Comp. Madrid, 1-135.
- FUSTER, J.M.; NAVIDAD, M. y VILLASECA, C. (1981). "Relaciones entre ortogneises y series volcano-sedimentarias en el macizo de El caloco (Guadarrama Central)". Cuad. Geol. Iber. 7: 161-171.
- FUSTER, J.M. y VILLASECA, C. (1987). "El complejo plutónico hercínico-tardihercínico del Sistema central español". Geología de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico". En BEA et al Ed Rueda: 27-35.
- GARCÍA ABBAD, F. y REY SALGADO, G. (1973). "Cartografía geológica del Terciario y Cuaternario de Valladolid". Bol. Geol. Min. 84, 123-227.
- GARCÍA DEL CURA, A. (1974). "Estudios sedimentológicos de los materiales terciarios de la zona centro-oriental de la Cuenca del Duero (Aranda de Duero)". Estudios Geológicos, nº 30: 579-597.
- GARCÍA DEL CURA, A. (1975). "Contribución al conocimiento litoestratigráfico del Terciario continental de la Cuenca del Duero (Zona Oriental)". Actas I. Coloquio Internacional sobre Bioestratigrafía Continental del Neógeno superior y Cuaternario inferior. (M.T. ALBERDI y AGUIRRE EDS.): 77-82.

- GARCÍA RAMOS, J.C.; MANJÓN, M. y COLMENERO, J.R. (1982). "Utilización de minerales pesados en espectros litológicos como ayuda en la identificación del área madre y en los diferentes sistemas de abanicos aluviales. Terciario del Borde Norte de la Cuenca del Duero". Temas Geológico-Mineros. IGME, 6 (1): 293-304.
- HERNÁNDEZ PACHECO, F. (1923). "Las arenas voladoras de la Provincia de Segovia". Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. 23, 211-216.
- HERNÁNDEZ PACHECO, F. (1923). "Edad y origen de la Cordillera Central de la Península Ibérica". Asoc. Esp. Prog. Cienc. Congr. Salamanca, 2: 119-134.
- HERNÁNDEZ PACHECO, F. (1930). "Fisiografía, geología y paleontología del territorio de Valladolid". Mem. Com. de Invest. Paleont. y Prehist., nº 37, pp. 38-95.
- IBARROLA, E.; VILLASECA, C.; VIALETTE, Y.; FUSTER, J.M.; NAVIDAD, M.; PEINADO, M. y CASQUET, C. (1988). "Dating of hercynian granites in the Sierra de Guadarrama (Spanish Central System)". Geología de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico. Libro homenaje a L.C. García Figuerola, pp. 377-384.
- I.G.M.E. (PORTERO, J.M.; DEL OLMO, P; PÉREZ GONZÁLEZ, A. y ELIZAGA, E.) (1979). "Mapa geológico de España a E. 1:50.000, 2ª Serie, 1ª edición, Portillo (400)".
- I.G.M.E. (PORTERO, J.M.; DEL OLMO, P; PÉREZ GONZÁLEZ, A. y ELIZAGA, E.) (1979). "Mapa geológico de España a E. 1:50.000, 2ª Serie, 1ª edición, Olmedo (428)".
- I.G.M.E. (PORTERO, J.M.; DEL OLMO, P; PÉREZ GONZÁLEZ, A. y ELIZAGA, E.) (1979). "Mapa geológico de España a E. 1:50.000, 2ª Serie, 1ª edición, Arévalo (455)".
- ITGE (ÁLVAREZ, F.; CASQUET, C.; FUSTER, J.M.; MARTÍN, L.M.; MARTÍNEZ, J. y PEINADO, M.) (1991). "Mapa geológico de España E. 1:50.000, 2ª Serie, 1ª edición, Navas de la Asunción (456)".
- ITGE (1992). Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, 2ª serie, 1ª edición. Hojas: nº 313 (Antigüedad), nº 374 (Peñañiel), nº 457 (Turégano), nº 400 (Portillo), nº 428 (Olmedo), nº 455 (Arévalo).
- JIMÉNEZ FUENTES, E. (1974). "Iniciación al estudio de la climatología del Paleógeno de la Cuenca del Duero y su posible relación con el resto de la Península Ibérica". Bol. Geol. Min. (IGME). Tomo, 85, Fas. 5: 6-12.
- JULIVERT, M.; FONBOTE, J.M.; RIBEIRO, A. y CONDE, L. (1972). "Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares". IGME.
- LOTZE, F. (1945). "Zur Gliederung der Varsziden der Iberischen Meseta". Goetekt. Forsch. 6: Berlín. Traducido por J.M. Ríos "Observaciones respecto a la división de los Variscides de la Meseta Ibérica". Publi. Extra. Geol. Esp. 5: 149-166, Madrid 1950.

- MACAYA, J.; GONZÁLEZ LODEIRO, F.; MARTÍNEZ CATALÁN, J.R. y ÁLVAREZ, F. (1991). "Continuous deformation, ductile thrusting and backfolding in the metasedimentary cover in the Sierra de Guadarrama (Spanish Central System)". Tectonophysics, 191: 291-309.
- MALLADA, L. (1896a). "Explicación del Mapa Geológico de España". Tomo I. Rocas hipogénicas y Sistema estrato cristalino. Mem. Com. Mapa Geol. Esp.
- MALLADA, L. (1896b). "Sistemas Cámbrico y Siluriano". Expl. Mapa Geol. Esp. 2: 1-516.
- MEDIAVILLA, R.M. (1986-1987). "Sedimentología de los yesos del Sector Central de la Depresión del Duero". Acta Geológica Hispánica. Tomo 21, 22: 35-44.
- MEDIAVILLA, R.M. y DABRIO, C. (1986). "La sedimentación continental del Neógeno en el Sector centro-septentrional de la Depresión del Duero (Provincia de Palencia)". Stvdia Geológica Salamanticensia, XII. Ed. Univ. Salamanca.
- MEDIAVILLA, R.M. y DABRIO, C. (1988). "Controles sedimentarios neógenos en la Depresión del Duero (Sector Central)". Rev. Soc. Geol. España, 1 (1-2): 187-195.
- MEDIAVILLA, R.M. y DABRIO, C. (1989). "Las calizas del Páramo en el Sur de la Provincia de Palencia". Stvdia Geológica Salamanticensia, Vol. 5. Edic. Univ. Salamanca, 273-291.
- MENDES, F.; FUSTER, J.M.; IBARROLA, E. y FERNÁNDEZ SANTÍN, S. (1972). "L'age de quelques granites de la Sierra de Guadarrama (systeme Central Espagnol)". Rev. Fac. Sci. Lisboa, 2 G 17: 345-365.
- M.O.P.U. (DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS) (1988). "Plan Hidrológico Nacional. Cuenca del Duero".
- NAVIDAD, M. (1975). "Caracterización petrológica de los gneises glandulares del Macizo de Hiendelaencina (Guadarrama Oriental)". Est. Geol. 31: 343-350.
- NAVIDAD, M. (1978). "Las series glandulares <Ollo de Sapo> en los sectores noroccidental y centro-oriental del Macizo Ibérico". Est. Geol. 35: 511-528.
- NAVIDAD, M. (1979). "Las series glandulares del Macizo Ibérico (Guadarrama Centro-Occidental)". Estu. Geol. 35: 31-48.
- PAPADAKIS, J. (1966). "Climates of the world and their agricultural potentialities". Editado por el Autor. Avd. de Córdoba 4564. Buenos Aires. Argentina.
- PEINADO, M. (1985). "Los ortogneises del Sistema Central. Evidencia de un ciclo prehercínico". Cuad. Geol. Ibérica 7: 221-234.
- PEINADO, M. y ÁLVARO, M. (1981). "Magmatismo pre e intrahercínico en el sector metamórfico de El Escorial (Sistema Central Español)". Cuad. Geol. Iber., 7: 201-216.

- PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1979). "El límite Plioceno-Pleistoceno en la submeseta meridional en base a los datos geomorfológicos y estratigráficos". Trabajos Neógeno-Cuaternario, 9, 23-36.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1982). "Neógeno y Cuaternario de la llanura manchega y sus relaciones con la Cuenca del Tajo". Tesis Doctoral Univ. Complutense de Madrid, 1-787.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A.; VILAS, L.; BRELL, J.M. y BERTOLÍN, M. (1971). "Las series continentales al Sur de la Sierra de Altomira". Primera reunión Regional Geológica de la Cuenca del Duero. Libro guía de excursiones.
- PORTERO, J.M. y AZNAR, J.M. (1984). "Evolución morfotectónica y sedimentación terciarias en el Sistema Central y cuencas limítrofes (Duero y Tajo)". I Congreso Español de Geología, 3: 253-263.
- PORTERO, J.M. y OLIVE, A. (1983). "El Terciario del borde meridional del Guadarrama y Somosierra". En Libro Jubilar Homenaje a J.M. Ríos, 2: 527-534.
- PORTERO, J.M.; OLMO, P.; RAMÍREZ DEL POZO, J. y VARGAS ALONSO, I. (1979). "Síntesis del terciario continental de la Cuenca del Duero". IGME, 1ª Reunión sobre Geología de la Cuenca del Duero. Temas Geológico-Mineros. Parte 1ª: 11-37.
- SAN MIGUEL, M. (1946). "Explicación de la Hoja nº 346, Aranda de Duero". Mapa Geológico de España. 1ª Edición 1ª serie. IGME.
- SAN MIGUEL, M. (1951). "La constitución geológica del anticlinal de Honrubia (Segovia)". Est. Geol. 14: 387-410.
- SAN MIGUEL, M. (1952). "Fuentelcesped (357)". Mapa Geológico de España 1:50.000 (1ª serie). IGME.
- SAN MIGUEL, M. (1955). "Maderuelo (403)". Mapa Geológico de España, 1:50.000 (1ª serie). IGME.
- SÁNCHEZ BENAVIDES, F.J.; DABRIO, C. y CIVIS, J. (1989). "Interpretación paleoecológica de los depósitos lacustres neógenos de Castrillo de Val (Noroeste de la Depresión del Duero)". Studia Geológica Salamanticensis. Vol. 5, Eds. Univ. Salamanca.
- SÁNCHEZ LOZANO, R. (1884). "Breve noticia sobre la Geología de la Provincia de Burgos". Bol. Com. Mapa Geol. de España, Tomo XI. Madrid.
- SANZ, J.L. y BUSCALIONI, A.D. (1987). "New evidence of armoured titanosaurus in the Upper Cretaceous of Spain". En P.M. CURRIE y E.H. KOSTER (eds). Short Papers. Fourth Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems. Drumheller, 1987. Occasional Paper of Tyrrell Mus. of Paleont. 3: 199-204. Alberta. Canada.
- SCHAFFER, G. (1969). "Geologie und Petrographie in östlichen Kastilichen Hauptscheidegebirge (Sierra de Guadarrama, Spanien)". Münst. Forsch. Geol. Paläont. 10: 1-207.

- TORNOS, F. y CASQUET, C. (1982). "Caracterización de gneises glandulares del alto valle del Lozoya (Sistema Central Español) en base al quimismo de las biotitas y estado estructural del feldespató potásico". Bol. Geol. Min. 93: 67-68.
- UBANELL, A.G. (1981a). "Características principales de la fracturación tardihercínica en un segmento del Sistema Central Español". Cuad. Geol. Iber. 7: 591-606.
- UBANELL, A.G. (1981b). "Significado tectónico de los principales sistemas de diques en un sector del Sistema Central Español". Cuad. Geol. Iber. 7: 607-624.
- VIALETTE, Y.; CASQUET, C.; FUSTER, J.M.; IBARROLA, E.; NAVIDAD, M.; PEINADO, M. y VILLASECA, C. (1986). "Orogenic granitic magmatism of prehercinian age". Terra Cognita. ICOG 6 meeting 6 (2): 1606.
- VIALETTE, Y.; CASQUET, C.; FUSTER, J.M.; IBARROLA, E.; NAVIDAD, M.; PEINADO, M. y VILLASECA, C. (1987). "Geochronological study of orthogneisses from the Sierra de Guadarrama (Spanish Central System)". N. Jb. Miner. MB.: 465-479.
- VICENTE, G. DE y GONZÁLEZ CASADO, J.M. (1991). "Las deformaciones alpinas en el Sistema Central Español". III Reunión de la Comisión de Tectónica de la S.G.E.
- VICENTE, G. DE.; GONZÁLEZ CASADO, J.M.; BERGAMÍN, J.R.; TEJERO, R.; BABÍN, R.; RIVAS, A.; HENNÁNDEZ ENRILE, J.L.; GINER, J.; SÁNCHEZ, F.; MUÑOZ, A. y VILLAMAYOR, P. (1992). "Alpine structure of the Spanish Central System". III Congr. Geol. España-VIII Cong. Latinoamericano Geol. Actas, 1: 284-288.
- VICENTE, G. DE; GONZÁLEZ CASADO, J.; MUÑOZ MARTÍN, A.; GINER, J. y RODRÍGUEZ, M.A. (1994). "Structure and alpine evolution of the Madrid basin". En FRIEND, P.F. y GABRIO, C. (eds), Tertiary Basin of Spain, Cambridge Univ. Press, Cambridge (en prensa).
- VILLASECA, C. (1985a). "Microdioritas de afinidad toleítica en las bandas de cizalla de Segovia". Est. Geol. 41: 11-15.
- VILLASECA, C. (1985b). "Los granitos de la Sierra de Guadarrama". Rev. R. Acad. Cienc. Exac. Fís. Nat. 79 (4): 573-587.
- WAARD, D. (1950). "Poligenetic structures in augen gneises of the Sierra de Guadarrama, Spain". Bull. Com. Geol. Finlande, 23: 51-56.

