

20195



Instituto Geológico  
y Minero de España

195

14-10

## MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición



# MANSILLA DE LAS MULAS

ISBN 84-7840-612-3



9 788478 406128

# MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

ESCALA 1:50.000

195 (14-10)

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

# MANSILLA DE LAS MULAS

© INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M. 45163-2005

ISBN: 84-7840-612-3

NIPO: 657-05-020-6

Impresión: Trebol Propuesta Gráfica

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de la Hoja de MANSILLA DE LAS MULAS han sido realizados por el Área de Cartografía Geológica de la Dirección de Geología y Geofísica del IGME habiendo intervenido en su realización los siguientes autores:

**Mapa y Cortes Geológicos:**

Espina, R.G.; Nozal, F. y Suárez-Rodríguez, A. (IGME).

**Mapa y Cortes Geomorfológicos:**

Espina, R.G.; Nozal, F. y Suárez-Rodríguez, A. (IGME).

**Memoria:**

Espina, R.G.; Nozal, F. y Suárez-Rodríguez, A. (IGME).

**Estratigrafía:**

Herrero, A.; Nozal, F. y Espina, R.G.

**Asimismo, han colaborado en aspectos temáticos parciales:**

Columnas Estratigráficas y Sedimentología de campo : A. Herrero (IGME)  
Estudio de láminas delgadas y Sedimentología : I. Armenteros  
(Dpto. de Geología, Univ. de Salamanca)

**Paleontología:**

C. Sesé (Museo de Ciencias Naturales, CSIC)

**Mineralogía:**

P. Pellitero (Dpto. de Geología, Univ. de Salamanca)

**Dirección del Estudio:**

L.R. Rodríguez Fernández y N. Heredia

\*Se pone en conocimiento del lector que en el Centro de Documentación del IGME existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria constituida por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Informes paleontológicos y sedimentológicos de dichas muestras.
- Columnas estratigráficas de detalle.
- Fichas bibliográficas, álbum de fotografías y demás información.

# ÍNDICE

<b>1.- INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>2.- ESTRATIGRAFÍA</b> .....	10
2.1. ANTECEDENTES.....	10
2.2. TERCIARIO. NEÓGENO.....	11
2.2.1.- Arenas y limos con concreciones carbonatadas; conglomerados polimícticos y niveles de calcretas. "Unidad Polimíctica". (Mioceno: Aragoniense-Vallesiense inf.) (1).....	11
- Interpretación sedimentológica.....	15
- Edad.....	15
- Correlación.....	16
2.3.- CUATENARIO.....	16
2.3.1.- Gravas silíceas, arenas y limos. Terrazas (2, 3 y 4) (Pleistoceno-Holoceno).....	17
2.3.2.- Gravas, arenas y limos. Glacis (5 y 6). (Pleistoceno-Holoceno).....	18
2.3.3.- Cantos, limos y arenas. Abanicos y conos aluviales (7).....	19
2.3.4.- Gravas silíceas, arenas y limos. Lecho actual (8), Fondos de valle (8) y Llanura de inundación (9). (Holoceno).....	19

<b>3. TECTÓNICA</b> .....	20
3.1.- TECTÓNICA ALPINA.....	20
<b>4. GEOMORFOLOGÍA</b> .....	22
4.1.- DESCRIPCIÓN FISIGRÁFICA.....	22
4.2.- ANTECEDENTES.....	27
4.3.- ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO.....	27
4.3.1.- Estudio morfoestructural.....	27
4.3.2.- Estudio del modelado y Formaciones superficiales.....	28
- Formas fluviales.....	28
- Formas poligénicas.....	32
- Formas de laderas.....	33
- Formas lacustres.....	33
- Formas antrópicas.....	33
4.3.3.- Evolución dinámica.....	33
4.3.4.- Morfología actual-subactual y tendencias futuras.....	34
<b>5.- HISTORIA GEOLÓGICA</b> .....	35
<b>6.- GEOLOGÍA ECONÓMICA</b> .....	36
6.1.- RECURSOS MINERALES. ROCAS INDUSTRIALES.....	36
- Aridos naturales.....	36
- Zahorras.....	37
6.2.- HIDROGEOLOGÍA.....	37
- Acuíferos superficiales.....	37
- Acuíferos profundos.....	41
<b>7.- BIBLIOGRAFÍA</b> .....	43

## 1. INTRODUCCION

La Hoja de MANSILLA DE LAS MULAS nº 195 (14-10) se encuentra situada en la Submeseta Septentrional, en el sector noroccidental de Cuenca del Duero, próxima al borde con la Cordillera Cantábrica (fig.1).

Administrativamente pertenece a la Comunidad Autónoma de Castilla y León, correspondiendo la totalidad de su superficie a la provincia de León .

Destacan como poblaciones más importantes: Mansilla de las Mulas, El Burgo Ranero, Santas Martas y Matadeón de los Oteros. Existen además numerosos pueblos y aldeas distribuidos regularmente por toda la superficie de la Hoja destacando: Matallana de Valmadrigal, Reliegos, Palanquinos, etc.

Por lo que respecta a la red fluvial, el rasgo más característico es la confluencia de los ríos Esla y Porma en el extremo NO de la Hoja. Precisamente el Río Esla es el principal colector del sector NO de la Cuenca del Duero y de las áreas adyacentes, aportando sus aguas al Río Duero. El resto de la Hoja está caracterizada por una serie de arroyos de escasa importancia que vierten aguas bien hacia el Esla o bien hacia el Cea, que surca la parte meridional de la vecina Hoja de Valencia de Don Juan. La divisoria de aguas entre estos dos tipos de arroyos se encuentra aproximadamente hacia la mitad de la Hoja, con una directriz norte-sur desde Matadeón de los Oteros hasta Santas Martas, donde adquiere un rumbo NE-SO hasta el límite norte de la Hoja.

El relieve en general es suave oscilando la altitud entre los 918 m al norte de Villamuñío y los 760 m en la esquina SO de la Hoja. La zona más elevada se encuentran en el extremo NE y corresponde al interfluvio entre las terrazas más altas del Río del Esla y las del Río Cea, situadas ya en la Hoja de Sahagún (NOZAL *et al* ; *in litt*).

El régimen climático se corresponde con el clima continental propio de la Meseta Septentrional, ligeramente influenciado por la proximidad a la Cordillera Cantábrica, estando comprendido entre un clima Mediterráneo templado seco a húmedo, con un régimen de precipitaciones que oscila entre 500 y 700 mm anuales, y una temperatura media anual entre 10 y 12° C .

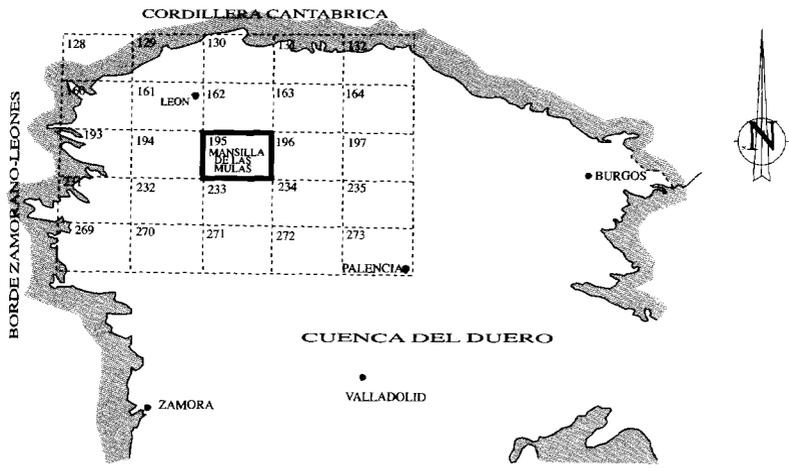


Fig. 1.- Situación de la Hoja N° 195 (Mansilla de las Mulas) en el ámbito de la Cuenca del Duero.

La vegetación autóctona, en general bastante degradada, aparece conservada preferentemente en la parte alta del interfluvio Esla-Cea, estando representada por matorral con árbolado (robles y encinas). En las riberas y fondos de valle aparecen las asociaciones de caducifolios constituidas por chopos, olmos y sauces, alternando con prados naturales.

En las amplias vegas de los ríos Porma y Esla destacan los cultivos de regadío (maíz y remolacha) junto con plantaciones de choperas en la parte no activa del cauce actual.

Desde el punto de vista geológico, la Hoja de Mansilla de las Mulas, se ubica dentro de la Cuenca del Duero aflorando en ella sedimentos continentales pertenecientes al Terciario y al Cuaternario. Se encuentra además, próxima al borde centro-meridional de la Cordillera Cantábrica. La importante elevación y el carácter de borde tectónicamente activo, correspondiente al flanco sur de dicha Cordillera, han condicionado la sedimentación terciaria adyacente (ALONSO *et al*; 1996). El sistema fundamental de entrada y distribución de materiales a la cuenca a través de este borde, tuvo lugar mediante un conjunto de grandes abanicos aluviales, que con diferente desarrollo y composición, se solapan y superponen en un lapso de tiempo comprendido, entre el Paleógeno inferior y el Pleistoceno inferior (COLMENERO *et al*; 1982a, GARCÍA RAMOS *et al*; 1982a; MANJÓN *et al*; 1982b).

La Cuenca del Duero y en concreto el entorno que nos ocupa, durante el Cuaternario ha sufrido un importante proceso de erosión, ocupando las formaciones superficiales de origen fluvial (terrazas), amplias extensiones.

Como antecedentes geológicos, las primeras referencias al área en que se encuentra la Hoja, se deben a HERNÁNDEZ SAMPELAYO *et al*; (1929a y b), HERNÁNDEZ SAMPELAYO (1933), que realizan respectivamente las Hojas geológicas de Sahagún (196); Mansilla de las Mulas (195) y Gradefes (162). CIRY (1939), HERNÁNDEZ PACHECO (1957) y MABESOONE (1959) realizan también observaciones en esta región; con posterioridad tienen lugar los trabajos cartográficos de AEROSERVICE (1967) y la Síntesis a escala 1:200.000 de la cartografía existente del IGME (1970) encuadrada dentro de la Hoja de León (19). LEGUEY y RODRÍGUEZ (1970) estudian las terrazas del Esla y TORRENT (1976) el desarrollo de los suelos relacionados con éstas. DE JONG (1971) estudia los sedimentos postorogénicos del borde meridional de la Cuenca del Duero, deduciendo sus características geomorfológicas y ambientales. Las aportaciones más notables para el conocimiento de la zona corresponden a las cartografías MAGNA de las Hojas de Vegas del Condado (MANJÓN *et al*; 1982c), Cistierna (COLMENERO *et al*; 1982b), Saldaña (ARAGONÉS *et al*; 1982) y La Robla (LEYVA *et al*; 1984), junto con la síntesis y correlación de PORTERO *et al*; (1982 y 1983), realizada a partir del propio MAGNA. Más recientemente, ALONSO *et al*; (1995) han reinterpretado los datos anteriores, aportando a la vez otros nuevos acerca de la estructura de los depósitos terciarios sinorogénicos. Por último, la síntesis cartográfica provincial 1:200.000 realizada por ITGE-Diputación de León (SUÁREZ RODRÍGUEZ *et al*; 1994), que incorpora datos de los MAGNAS en realización, así como las notas de HERRERO *et al*; (1994) y NOZAL y ESPINA (1994), fruto también de dichos trabajos, constituyen las últimas aportaciones a la zona de estudio.

## 2. ESTRATIGRAFIA

### 2.1. ANTECEDENTES

La Hoja de Mansilla de las Mulas se caracteriza estratigráficamente por la presencia de sedimentos neógenos correspondientes a la Cuenca del Duero. Los materiales que afloran en la misma, se pueden asignar a dos grandes conjuntos pertenecientes a ciclos sedimentarios con distinto significado. Por un lado, los sedimentos terciarios correspondientes al relleno continental de la depresión, y por otro, los asociados al proceso de erosión y vaciado de la Cuenca, que tienen carácter de recubrimiento, son asignados tradicionalmente al Cuaternario.

El establecimiento de la estratigrafía del Neógeno para el sector septentrional de la Cuenca del Duero, se inicia con los trabajos de CIRY (1939) ROYO GOMEZ (1926) y HERNÁNDEZ-PACHECO (1957), MABESOONE (1959) y EVERS (1967). Con los trabajos de MAGNA llevados a cabo a finales de los años 70, se definen nuevas facies y se establecen correlaciones entre las distintas Unidades y los sistemas deposicionales que las han originado. La correlación de las mismas a nivel cuencal, en sentido Norte-Sur, se lleva a cabo por PORTERO *et al.*; (1982 y 1983), tomando como referencia dichos trabajos.

COLMENERO *et al.*; (1982a) y MANJÓN *et al.*; (1982a) establecen la serie estratigráfica general del Terciario en esta región del borde norte de la Cuenca del Duero; resultante de la sedimentación de sucesivos sistemas de abanicos aluviales, instalados en posiciones diferentes con áreas madres y desarrollo distintos. Los sistemas de abanicos se han separado utilizando nombres de localidades situadas comúnmente en su zona apical y de muro a techo están integrados por: el Complejo de Vegaquemada, los Sistemas de Cuevas-Candanedo y el Sistema de Barrillos. El primero de éstos se divide en dos tramos, el inferior equivale a las "facies Garumnienses", en continuidad con los últimos tramos cretácicos, y está constituido por calizas, areniscas y lutitas versicolores. La parte alta del Complejo de Vegaquemada representa una alternancia cíclica de secuencias granodecrescentes de paraconglomerados, areniscas y limolitas y en algunos casos calizas y margas. Los Sistemas de Cuevas-Candanedo constituyen dos grandes sistemas de abanicos aluviales de mayor potencia y expansión cuyo carácter distintivo viene dado por la litología de los clastos: en el de las Cuevas son fundamentalmente carbonatados cretácicos y en el de Candanedo poligénicos paleozoicos. Sus caracteres comunes son la disposición masiva o ligeramente gradada de sus coladas y el reagrupamiento que éstas adquieren hacia el sur desde las zonas apicales, pasando a capas de espesor progresivamente menor, interdigitadas con fangos. El Sistema de Barrillos cierra el ciclo Terciario en la zona del borde N de la Cuenca del Duero y se caracteriza por su carácter progradante sobre las facies medias/distales de los abanicos inferiores y por estar constituida exclusivamente por cantos cuarcíticos de procedencia paleozoica.

La diferenciación de abanicos efectuada en las Hojas situadas al norte de la zona de estudio resulta imposible debido a la homogeneidad litológica y a los escasos afloramientos no recubiertos por los depósitos cuaternarios de la Hoja de Mansilla de las Mulas. La única afirmación que se puede realizar es que los materiales Terciarios aflorantes en la Hoja de Mansilla de las Mulas representan facies medias-distales de los Abanicos proximales polimícticos (Sistemas de Cuevas-Candanedo), puesto que el Sistema de Barrillos se queda colgado topográficamente en las Hojas de León (SUÁREZ RODRÍGUEZ *et al.*; *in litt.*); Gradefes (NOZAL *et al.*; *in litt.*) y Almanza (NOZAL *et al.*; *in litt.*). Estos materiales han sido agrupados en una única unidad litoestratigráfica denominada Unidad Polimíctica, que coincide con la

Unidad Poligénica de HERRERO *et al* ; 1994) y el Complejo de Abanicos Poligénicos Intermedios de SUÁREZ *et al* ; (1994)

## 2.2. TERCIARIO. NEOGÉNO

Corresponden a esta edad el conjunto de materiales detríticos aflorantes en la Hoja y que forman parte del relleno sedimentario de la Cuenca del Duero. Las edades atribuidas para estos materiales en la zona de estudio se han tomado de dataciones realizadas en áreas próximas a la Hoja y recogidas en PORTERO *et al* ; (1982), que abarcan desde el Aragoniense hasta el Vallesiense inf. La naturaleza de los cantos evidencia un área madre mesozoica predominantemente carbonatada, coexistiendo con otra paleozoica, de carácter también carbonatado y silíceo.

### **2.2.1. Arenas y limos con concreciones carbonatadas; conglomerados polimícticos y niveles de calcretas. "Unidad Polimíctica". (Mioceno: Aragoniense-Vallesiense inferior). (1)**

Esta Unidad corresponde a los materiales estratigráficamente más bajos existentes en la Hoja y cartográficamente representan al sustrato terciario. Las columnas estratigráficas más importantes están ubicadas en los cuadrantes suroriental y suroccidental de la Hoja, mientras que en el resto se pueden hacer únicamente observaciones puntuales de las diferentes facies que presenta esta Unidad, puesto que las condiciones de afloramiento están muy condicionadas por la morfología presente en la zona, recubierta en su mayoría por terrazas cuaternarias.

Los mejores afloramientos corresponden a los existentes en las proximidades de Corbillos de los Oteros y en la zona de Castrotierra. Los demás son pequeños afloramientos en cortes de canteras de extracción de arcillas y arenas, y el resto son taludes de carreteras.

Las capas se presenta subhorizontales, con inclinaciones deposicionales de 2-5° hacia el sur; los desniveles producidos por la incisión fluvial solo permiten la observación de los 100 m superiores de esta Unidad. Sin embargo, en las hojas situadas al norte, al disponerse las capas en abanico, configurando una discordancia sintectónica (ALONSO *et al* ; 1996), las potencias aflorantes estimadas superan los 1.000 m de espesor.

La Unidad está constituida por arenas, fangos, niveles esporádicos de conglomerados de escasa continuidad lateral y costras carbonatadas muy localizadas, aflorando en secciones de escaso espesor y de carácter monótono. Se ordenan en secuencias granodecrecientes, con un tamaño que oscila entre 1 m y 5 m (fig. 2).

Los depósitos de esta Unidad se pueden agrupar en un conjunto de facies, que se describen a continuación.

Las facies de gravas son conglomerados clastosoportados. En los escasos afloramientos donde aparecen se comprueba que son conglomerados polimodales, con matriz arenosa y microconglomerática. En campo, este tipo de facies presenta un color blanco, tanto más acusado cuanto mayor es la cementación de carbonato cálcico. Los clastos son subangulosos a subredondeados, con un centil que no supera los 15 cm. La composición de los clastos es mayoritariamente silíceo (arenisca, cuarcita y lidita), aunque también existen cantos carbonatados de calizas paleo-

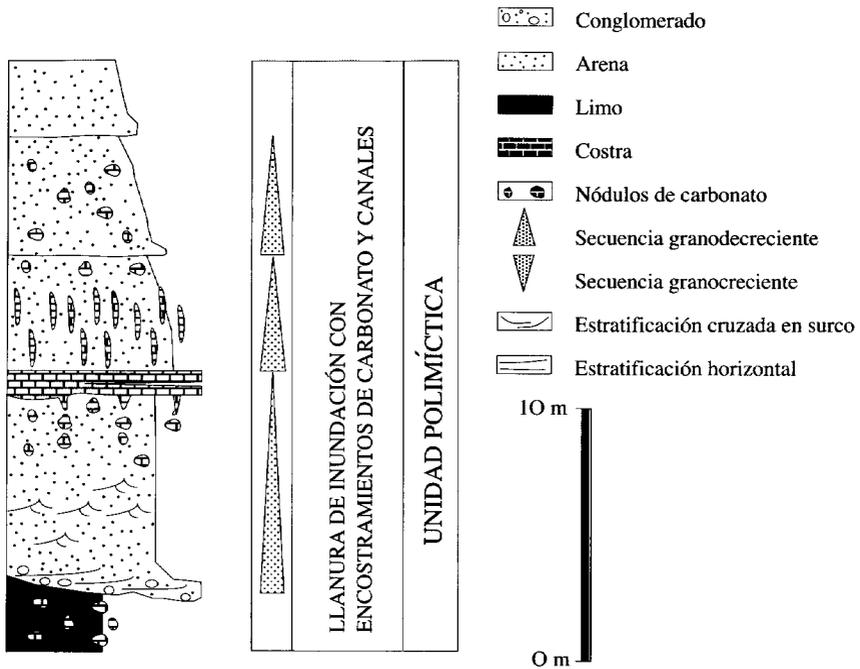


Fig. 2.- Columna estratigráfica de la Unidad Polimíctica (1) en la localidad de Velilla de los Oteros.

ozoicas y cretácicas y algunos niveles con intraclastos procedentes de la destrucción de costras carbonatadas.

Internamente muestran estratificación cruzada en surco, de media escala. Presentan granoselección positiva y abundantes imbricaciones. El límite superior es gradual con facies de areniscas. Las paleocorrientes medidas en clastos imbricados y estructuras sedimentarias muestran flujos, que en general, se dirigen hacia SO y O.

La geometría particular de estos depósitos es de cuerpos canalizados de escasa extensión lateral, con la superficie inferior erosiva, y con una relación anchura/profundidad muy baja.

Las facies de arenas están muy presentes en esta Unidad, con dos tipos de facies. Por un lado, aparecen arenas de tamaño medio a fino, bastante limosas. Pueden estar cementadas en la base por carbonato cálcico. Están bien clasificadas, y son bastante homogéneas. El límite inferior es neto, ligeramente erosivo, y el superior es gradacional. La geometría general es de cuerpos tabulares, de cierta extensión lateral.

En estos sedimentos no suelen aparecer estructuras tractivas, ahora bien, si aparece un conjunto de rasgos paleoedáficos como nódulos de carbonato (a veces septarizados) y rizocreaciones de tamaño variable, nódulos de oxihidróxidos de hierro y varios tipos de cutanes. Destaca una estructuración del sedimento en prismas y poliedros.

El segundo tipo de facies consiste en arenas asociadas a cuerpos conglomeráticos canalizados. Son de tamaño grueso a medio, con colores ocre y blancos y la cementación es de carbonato cálcico. El límite inferior suele ser erosivo, estando asociadas a facies más gruesas, mientras que el límite superior es gradacional hacia facies más finas.

En este tipo de sedimentos se desarrolla estratificación cruzada en surco, localmente lenticular. En algún caso se aprecia que la base está remarcada por clastos de carbonato intraformacionales y otras veces, estas arenas, presentan laminaciones de ripples.

Los análisis mineralógicos de la fracción ligera de los términos arenosos (arenas s.l. y matriz arenosa de los niveles conglomeráticos), indican como componenete mayoritario el cuarzo (>50%), y en menor proporción la calcita, plagioclasas y fragmentos de roca. Estos últimos provienen de la erosión de rocas paleozoicas o de caliches micríticos terciarios. El cuarzo aparece en fragmentos con diferentes coloraciones: incoloro, blanco o con tonalidades amarillentas o rojizas, debido a pátinas de óxidos de Fe.

El porcentaje de minerales pesados y trazas, una vez que se ha obtenido la fracción de arena media y limo grueso, alcanza en algunos casos el 1%. Los minerales pesados de las muestras estudiadas muestran un elevado contenido en óxidos-sulfuros de Fe con valores entre 40-54% y circon 14-37% del total de la muestra; en menor porcentaje se encuentra turmalina y rutilo 1-5% e ilmenita 0,5-2,7% y como trazas o accesorios oro, anfíbol, estaurilitas, distena y monacita.

Las facies fangosas son limos y arcillas con un contenido en arena fina ocasionalmente alto. El límite inferior es gradacional, y el superior es en general, erosionado por otras facies de grano

más grueso. Estas facies forman cuerpos tabulares de extensión lateral media.

Internamente no se aprecia ninguna estructura tractiva, pero sí rasgos paleoedáficos. Entre estos últimos, destaca una estructuración del sedimento en prismas y poliedros, de diverso tamaño. También suelen aparecer rizocreciones, nódulos de carbonato y cutanes de arcillas.

Los minerales de la fracción arcillosa, analizados por DR-X, tienen a los filosilicatos (mica y caolinita) como componente mayoritario, acompañando a estos minerales contenidos variables de clorita.

Las facies de costras carbonatadas aparecen de forma ocasional con espesores muy reducidos y de escasa continuidad lateral. Su composición presenta una alta proporción de arenas y fangos, que pueden llegar en algunos casos al 30% de granos de cuarzo y casi al 25% de filosilicatos (mica y caolín).

Los perfiles de los caliches muestran la sucesión vertical típica de horizontes morfológicos transicionales (ESTEBAN y KLAPPA, 1983; GOUDIE, 1983), en campo y muestra de mano suelen presentar alveolos rellenos de cemento esparítico.

El techo de estos niveles suele ser plano y neto; el tránsito a los niveles inferiores suele ser gradacional, pasando a horizontes nodulares o alveolares rellenos de arcilla, disminuyendo la proporción de carbonato hacia el sustrato inalterado (Columna de Velilla de los Oteros).

Las facies de caliches corresponden a horizontes de acumulación de carbonato, generalmente masivos, que se localizan a techo de secuencias granodecrecientes completas (arenas-->lutitas) o incompletas (lutitas arenosas o limos arenosos-->lutitas). El fenómeno de la carbonatación (epigénesis calcítica sobre facies finas lutítico-arenosas) puede atribuirse, entre otros factores, a la existencia de climas contrastados relativamente cálidos, lo que unido a las características topográficas y aluviales de la cuenca fomentaría la epigénesis calcítica, total o parcial, de los perfiles edáficos, con cuyo desarrollo tuvo seguramente relaciones genéticas en algunos casos. La cementación calcítica observada en algunos niveles arenosos es una prueba de las condiciones favorables para la precipitación de carbonato en la cuenca, en la que debía de existir un elevado grado de saturación de las aguas subsuperficiales y superficiales con respecto al carbonato cálcico.

En lámina delgada, los caliches se muestran como una carbonatación casi total de las facies terrígenas, generalmente finas (lutíticas), a las que reemplazan isovolumétricamente. Representan encostramientos con un contenido variable en terrígenos de tamaño arena-limo (hasta el 20%, sobre todo de cuarzo y en menor medida de fragmentos de roca), con una intensa corrosión de los granos de cuarzo y sustitución casi completa de la matriz original en algunas muestras.

Las relaciones texturales observadas con respecto a las facies sustituidas indican que los caliches, a pesar de ser rasgos relacionados con perfiles de alteración, suelen suceder (ya que los fosilizan) a rasgos edáficos previos. Algunas de las facies de caliche presentan ostrácodos que, en ocasiones, son restos fósiles de la facies lutítica sedimentaria previa (facies correspondientes a pequeños encharcamientos lacustres) y, otras veces, son restos removilizados de horizontes superiores (por un fenómeno de iluviación) que se depositan en los rellenos geopetales.

## Interpretación sedimentológica

Las características sedimentológicas principales de los cortes estudiados en esta Unidad (HERRE-RO *et al* ; 1994), son las de una llanura aluvial de piedemonte con un extenso desarrollo de llanuras aluviales de fangos (facies de desbordamiento), en un contexto de partes medias-distales de abanicos aluviales, no confinados, de alta eficacia de transporte; la presencia de paleosuelos carbonatados, exclusivos de esta Unidad y su madurez, indican áreas inactivas más o menos extensas del sistema aluvial durante períodos prolongados de tiempo bajo un clima árido o semiárido con lluvias estacionales (GOUDIE, 1983).

Las facies de gravas están relacionadas con el relleno de canales y con la migración de barras de grava de diversos tipos. Los canales rara vez se superponen unos a otros, por lo que estarían aislados en la llanura aluvial, siendo difícil establecer una relación entre los sedimentos de la llanura de inundación y los de estos canales contiguos. La geometría de este tipos de canales, estrechos y profundos (relación anchura/profundidad muy baja), sugiere una energía de transporte muy elevada y con fuerte poder erosivo.

Las facies arenosas pueden ser de dos tipos: el primero está ligado a la sedimentación en zonas alejadas de los canales, en una llanura de inundación que está afectada por procesos edáficos, con zonas encharcadas y con importante vegetación. El segundo tipo de facies arenosas representa el relleno de canales con la construcción de dunas y megaripples o una etapa de abandono de los canales por una pérdida de flujo; cuando están ligadas a las facies conglomeráticas, representan el relleno de canales.

Las facies fangosas representan fundamentalmente la sedimentación propia de una llanura de inundación, en la que los flujos acuosos estarían pocos confinados. Sobre estos materiales, se desarrollarían importantes procesos edáficos con transformaciones y removilizaciones de material en los perfiles. El tipo de flujo y la edafogénesis superpuesta, serían los responsables de la desaparición de las estructuras sedimentarias primarias en estas facies.

Las facies carbonatadas corresponden mayoritariamente a niveles de claro origen pedogenético (calcretas o caliches), consecuencia de una epigénesis carbonatada intensa, desarrollada sobre depósitos localizados en la llanura aluvial. Excepcionalmente, en algunos niveles se aprecia un cierto contenido en restos fósiles (ostrácodos y caráceas) y su asociación a facies fangosas oscuras; en estos casos, las facies carbonatadas corresponden a depósitos de precipitación química primaria en áreas lacustres someras y efímeras, que al desecarse, quedan sometidas a edafización y carbonatación secundaria. Este hecho es frecuente en cuencas con sistemas lacustres carbonatados someros, sometidos a cambios frecuentes de nivel.

## Edad

Dentro de la Hoja de Gradefes (162), situada justo al norte de Mansilla de las Mulas, BATALLER y SAMPAYO (1944), citando a CLEMENTE SAENZ (?), mencionan cerca de la localidad de Mellanzos restos de *Mastodón turicensis*, y otros restos de *Mastodón*, de edad Astariciense (Aragoniense superior), en San Miguel de la Escalada. Durante las campañas de campo llevadas a cabo para la realización del MAGNA, no se han encontrado restos paleontológicos clasificables que permitan una datación más precisa de esta Unidad.

No obstante, se pueden acotar algunos datos con los yacimientos, ya clásicos, descritos por PORTERO *et al* ; 1982 en zonas próximas (hacia el E y SE), si consideramos o extrapolamos su ubicación con respecto a las Unidades aquí diferenciadas (NOZAL en prep.). Los yacimientos de Relea (164) y de Itero Seco (197), se localizan en la Unidad Polimíctica, a unos 70-80 m por debajo del contacto con la Unidad Silícea, proporcionan una edad Vallesiense inferior (MN 9); los yacimientos de Saldaña (164) con problemas de localización, se sitúan también en la Unidad Polimíctica, a unos 120-80 m por debajo del contacto, indicando una edad Astaraciense superior (MN 8). Los restos de Mellanzos y otros hallazgos situados al O de la Hoja de Gradefes (162) corresponden a restos de Mastodontes, que junto con los Villaobispo de las Regueras (161), localizados aprox. a 100-80m bajo el contacto de la Unidad Silícea indican una edad Astaraciense (MN 7 y 8) al igual que los restos de Mansilla del Páramo (194).

En consecuencia, a la parte superior de la Unidad Polimíctica, que es la que aflora en Mansilla de las Mulas y en las Hojas referenciadas, se le puede asignar una edad Aragoniense superior (Astaraciense)-Vallesiense inferior (Zonas MN 7a9).

### Correlación

La Unidad Polimíctica es perfectamente correlacionable con las descritas en áreas adyacentes. Así, esta Unidad se correlaciona cartográficamente de forma directa con los sistemas de abanicos aluviales de clastos poligénicos (MANJÓN *et al* ; 1982b y COLMENERO *et al* ; 1982a) que en esta Hoja corresponderían a los Abanicos de Candanedo y de Modino. Del mismo modo equivale a las partes proximales de los abanicos de conglomerados polimícticos (Candanedo y Modino), cuyas capas conforman en el borde una discordancia progresiva (ALONSO *et al* ;1996). Hacia el S la correlación es también directa con la Facies Tierra de Campos, por lo que se modifica (NOZAL en prep.) el esquema estratigráfico de correlación de PORTERO *et al* ; (1982 y 1983) Esta Unidad es también en parte equivalente a las denominadas "Series Ocreas" de MARTÍN-SERRANO (1988a), definidas más al O en el borde Zamorano-Leonés de la Cuenca del Duero.

### 2.3. CUATERNARIO

Se considera, que el paso del Plioceno al Pleistoceno se hace a lo largo de un proceso de cambio de régimen endorreico a exorreico en las Mesetas. Por ello y de forma general, todas las terrazas altas de los ríos de la Península Ibérica pueden asignarse al Pleistoceno (AGUIRRE, 1989).

Sin embargo, y de acuerdo con MARTÍN-SERRANO (1988a y 1991) no es posible pensar en un paisaje finieógeno sincrónico, puesto que la progresión de la red fluvial no pudo alcanzar todos los lugares al mismo tiempo. La aplicación de esta hipótesis, que determina el heterocronismo de la Raña, explica el diferente grado de disección de las distintas cuencas terciarias que habrían sido capturadas en distintas épocas, determinado así el inicio del "Cuaternario", y por tanto, dejaría de ser un límite cronológico preciso, pasando a ser arbitrario y propio de cada cuenca, e incluso para cada sector de la misma.

A pesar de esta problemática, y puesto que no existen dataciones, consideramos convencionalmente como Cuaternario, todo sedimento que se relaciona directa o indirectamente con la red fluvial actual.

En la Hoja de Mansilla de las Mulas, por su extensión y significado morfogenético, los depósitos cuaternarios de origen estrictamente fluvial son los más importantes; la mayor representación corresponde a las terrazas de los ríos Esla y Porma, que en el proceso de erosión, dejan sucesivos niveles encajados en las vertientes de los interfluvios.

Otros depósitos importantes son las llanuras aluviales, los fondos de valle y los abanicos y conos aluviales. El resto de los depósitos recientes aparecen en relación con la evolución de las vertientes y consisten en distintas generaciones de glaciares y coluviones.

### **2.3.1. Graveros silíceos; graveros silíceos y limos. Terrazas (2, 3 y 4).**

Aparecen representados dos sistemas escalonados de terrazas que pertenecen a los ríos Esla y Porma, junto a una terraza del Bernesga en la esquina NO de la Hoja (SUÁREZ RODRÍGUEZ *et al*; *in litt.*). Estas terrazas se han agrupado en altas, medias y bajas, incluyéndose otras asociadas a cursos menores: Arroyo de las Raposeras, Valle de Abajo, Arroyo de Valmadrigal, Arroyo de Valdearcos, etc.

Las terrazas más extensas aparecen en la mitad oriental y pertenecen al Río Esla, que discurre de NE a SO en el extremo NO de la Hoja, donde además se le une el Porma. El Río Esla, que es el principal curso de fluencia de la zona, deja en esta Hoja sus terrazas en la margen izquierda, habiéndose diferenciado hasta 11 niveles (NOZAL y ESPINA, 1994) que llegan a alcanzar gran desarrollo superficial, constituyendo una amplia superficie planar conocida regionalmente como Páramo de los Payuelos.

Las terrazas atribuidas al Porma (NOZAL y ESPINA *op cit.*) se encuentran en el cuadrante SO y se manifiestan por una serie de replanos escalonados arealmente pequeños y que están disectados por la red de arroyos actual.

Las cargas transportadas por estos sistemas fluviales son generalmente gruesas, con alto porcentaje (60-70%) de cantos y graveros con características litológicas bastante comunes: alto contenido en cantos de cuarcitas y en menor proporción, de areniscas y cuarzos. Los tamaños oscilan entre 4 y 25 cm de diámetro, correspondiendo los mayores centiles a las terrazas del Esla. La matriz es arenosa amarillenta y mayoritariamente silícea.

Sobre las terrazas altas han tenido lugar procesos de alteración que han consistido en rubefacción, acompañada de iluviación de arcillas, rasgos de hidromorfismo y cantos decolorados. Esto ha dado lugar al desarrollo de suelos rojos del orden de los Altisoles, con diferente grado de madurez en función de la antigüedad de la terraza.

A pesar de la gran extensión superficial de estos depósitos, su espesor es sin embargo discreto, estando comprendido normalmente entre 1,5 y 3 m.

En el conjunto de los cortes se pueden reconocer estructuras sedimentarias internas tales como: estratificación cruzada de gran escala, cicatrices de relleno de canal, estratificación cruzada planar, barras, imbricaciones, etc... que indicarían una configuración de canales tipo "braided".

En el mapa geológico se han agrupado las terrazas en orden a su simplificación en terrazas altas, medias y bajas, y aunque esta división no implica una cronología bien definida por ausencia de dataciones, sí expresa una cierta relación temporal (AGUIRRE, 1989; PÉREZ GONZÁLEZ, 1989). Según el esquema general de la Cuenca del Duero se atribuyen los depósitos más altos al Pleistoceno inferior, y los más bajos al Pleistoceno superior-Holoceno.

Las terrazas más altas del Río Esla se sitúan entre +100-85 m de cota sobre el río, los medios entre +80-55 m y los bajos entre +25-5 m de cota.

En el Río Porma el número de escalonamientos es menor, presentando únicamente terrazas medias con cotas que oscilan entre +75-45 m.

La terraza del Bernesga representada en la Hoja, corresponde a una terraza baja situada a +10 m.

### **2.3.2. Gravas, arenas y limos. Glacis (5 y 6).**

Se han diferenciado dos generaciones de glacis con distinta posición morfológica. El más antiguo se situaría en la parte alta del interfluvio Esla-Cea, en el extremo NE de la Hoja. Arranca desde cotas próximas a los 1000m, ya en la Hoja de Almanza (NOZAL *et al*; *in litt.*), y siempre por debajo de la Raña, llegando a los 910m en las zonas más bajas conservadas. La antigüedad de este glacis, junto con la fuerte incisión de la red secundaria sobre dicho interfluvio, serían responsables de la práctica desaparición de estos depósitos, quedando conservados como pequeños replanos que van perdiendo cota progresivamente hacia el Sur. En la Hoja de Mansilla de las Mulas aflora únicamente un pequeño retazo de este glacis que se sitúa sobre la Unidad Polimíctica, lindando con la vecina Hoja de Sahagún.

Dicho glacis se puede interpretar en relación a un estadio de degradación de la superficie culminante de la Raña con respecto a las primeras etapas de morfogénesis fluvial, pudiendo enlazar en algunos casos con las terrazas más altas del sistema Esla-Cea, las cuales aparecen conservadas en la vecina Hoja de Valencia de Don Juan (ESPINA *et al*; *in litt.*).

El otro tipo de glacis se localiza de forma restringida en dos zonas, por un lado en el borde NE de la Hoja, en el mismo interfluvio Esla-Cea pero arrancando de cotas más bajas (920-900 m) y quedando topográficamente colgado debido a la incisión actual. Otro depósito de glacis coetáneo con los anteriores aparece al S, emplazado en zonas de vertiente. Dicho glacis debería arrancar de la terraza alta del Esla (908 m), situada en el límite con la Hoja de Valencia de Don Juan. Estos depósitos tienen espesores variables que en general no superan el metro y tienen una litología similar a la de las terrazas, pero con una matriz limosa más abundante. Sobre ellos se desarrollan suelos, cuyas características dependen del grado de evolución de los mismos, variando de pardos rojizos a rojos fersialíticos.

Se les asigna una edad amplia Pleistoceno-Holoceno, aunque sería posible establecer una cronología relativa más precisa, considerando las formas con las que se relacionan.

### **2.3.3. Cantos, limos y arenas. Abanicos y conos aluviales. (7)**

Estos depósitos responden a una misma génesis, diferenciándose tan solo en la morfología que presentan. Los conos de deyección son de dimensiones más pequeñas y generalmente tienen una mayor pendiente, aparecen localizados preferentemente en la salida de pequeños barrancos que desembocan en un valle de fondo plano de orden superior. Ejemplos de este tipo aparecen en la comarca de los Oteros, en concreto en el Arroyo del Valle y en el Valle de Abajo.

Los abanicos aluviales, más amplios y aplanados que los conos, se desarrollan sobre todo en las terrazas bajas del Río Esla.

El espesor de estos depósitos es variable, por lo general de orden métrico, y la composición litológica es muy heterogénea, con gran porcentaje de finos y cantos de naturaleza muy diversa, incluyendo cantos calcáreos correspondientes a suelos calcimorfos.

### **2.3.4. Gravas, arenas y limos. Fondos de valle, lecho actual y llanura de inundación (8 y 9).**

Corresponden a este apartado, depósitos fluviales recientes relacionados directamente con la red actual.

Se consideran fondos de valle todos aquellos depósitos asociados a pequeños valles de fondo plano y barrancos de funcionamiento estacional, formados por materiales de carácter fluvial, o por la combinación de éstos con los aportes procedentes de las laderas (aluvial-coluvial).

Los depósitos de llanura de inundación constituyen las vegas de los ríos Esla y Porma. En la proximidades de las localidades de Roderos y Mansilla de las Mulas, en la parte NO de la Hoja, confluyen ambos ríos definiendo una extensa llanura de inundación que supera los 4 km de anchura.

Los depósitos de fondo de valle y llanura de inundación presentan una litología similar a los niveles de terraza, aunque texturalmente suelen presentar un mayor contenido de finos. A techo aparecen los limos y arcillas de inundación, sobre los que se desarrollan los característicos y fértiles suelos pardos de vega (Entisoles).

Debido a la regulación de caudales en las zonas de cabecera de los principales ríos mediante presas, estas formas han dejado de ser funcionales en la actualidad, pero han de considerarse a la hora de evaluar riesgos por avenida, en casos de lluvias excepcionales.

Como lecho actual se consideran los depósitos pura y estrictamente fluviales asociados a los cursos permanentes principales (Porma y Esla), diferenciándose de los de llanura de inundación únicamente por su funcionalidad en el momento presente. En el lecho actual son frecuentes los cauces abandonados y los depósitos formados por barras de gravas y arenas relacionados con las crecidas. El lecho actual se encuentra ligeramente encajado (1-4 m) sobre la llanura de inundación. Este sector del cauce es funcional durante la estación más lluviosa, quedando notablemente restringido (canal de estiaje) en las épocas de menor escorrentía.

### 3. TECTÓNICA

#### 3.1. TECTÓNICA ALPINA.

La Hoja de Mansilla de las Mulas está situada unas decenas de Kms al sur de la Zona Cantábrica (fig. 3). La estructura alpina de ésta consiste en una gran flexión monoclinal que puede interpretarse mediante un modelo de pliegue de flexión de falla modificado, originado por el despegue solidario de basamento y cobertera (PULGAR y ALONSO 1993). Este despegue se situaría aproximadamente a unos 15 Km de profundidad y su desplazamiento alcanza los 25 Km (ALONSO *et al.*; 1996). El cabalgamiento alcanza la superficie únicamente en el sector central del frente sur de la Zona Cantábrica, mientras que en los sectores oriental y occidental el cabalgamiento se compensó en un pliegue de propagación de falla responsable de la posición invertida que presenta la cobertera mesozoica en su flanco sur (ALONSO *et al.*; 1994). La flexión cortical provocada al emplazarse el cabalgamiento alpino originó la típica cuenca de antepaís por delante del frente orogénico: la Cuenca del Duero. Esta cuenca ha ido rellenándose con materiales detríticos procedentes de la erosión de los relieves situados al norte. Hacia el sur, en las partes alejadas de la influencia del borde activo, la cuenca adquiere un carácter atectónico en sentido amplio. Este carácter atectónico se manifiesta por la presencia de sedimentos terciarios de carácter medio/distal dispuestos subhorizontalmente con una ligera pendiente deposicional (0,5%) hacia el sur (fig. 4.).

Dentro del Marco de este Proyecto MAGNA, REDONDO LÓPEZ *et al.*; (1995), han realizado un Estudio de la Geología del Subsuelo. Estos autores, basándose en el estudio de secciones sísmicas no migradas, facilitadas por REPSOL S.A. (situación en fig. 3), han obtenido un esquema estructural y morfológico del subsuelo para la zona noroeste de la Cuenca del Duero. Una vez que se aplica a los perfiles sísmicos un modelo de velocidades mediante un programa informático (2DI de SIERRA) de conversión tiempo-profundidad, se obtienen mapas de isobatas de distintos niveles litológicos. Tienen especial relevancia los mapas de isobatas del techo del basamento y de la base del Terciario (fig. 5.I y 5.II).

Los perfiles sísmicos DR85-04V y DR87-19V (fig. 4) atraviesan la Hoja de Mansilla de las Mulas con rumbos N-S y E-O respectivamente. La interpretación geológica de estos perfiles muestra cuatro facies sísmicas que corresponden a sendos niveles litológicos. Estos niveles son, de techo a muro: el Terciario continental, las Calizas Cretácicas, la Fm. Utrillas y el basamento hercínico.

El perfil sísmico DR85-04V atraviesa el extremo occidental de la Hoja (nº de CDP: 1380-1950) y en él puede observarse claramente la geometría de la cuenca desde el borde norte activo hasta las zonas más distales. La información que ofrece este perfil sobre la estructura del basamento es pobre. Las formaciones cretácicas se sitúan en la base de la serie sedimentaria que rellena la Cuenca del Duero y se muestran concordantes entre sí. Cabe destacar la presencia de una serie de fallas, mayoritariamente inversas, que afectan a los materiales cretácicos y a la parte más baja de la serie terciaria. Estas fallas son en su mayoría inversas, pudiendo tratarse de reactivaciones de estructuras hercínicas previa o fallas directas mesozoicas que han experimentado inversión tectónica.

Inmediatamente por encima, se disponen los materiales terciarios que presentan numerosos

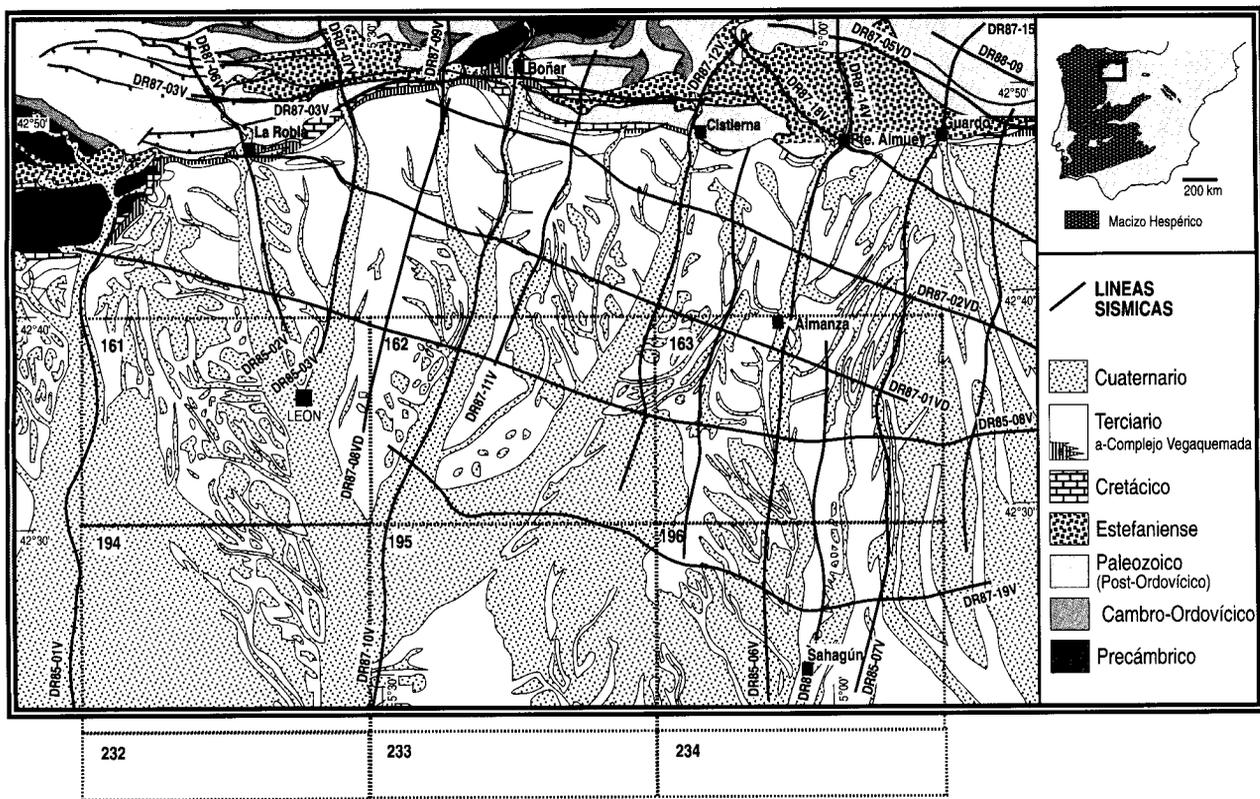


Fig. 3.- Situación de las líneas sísmicas realizadas por REPSOL en el borde noroccidental de la Cuenca del Duero.

reflectores con cierta continuidad que permiten obtener una imagen de la geometría y evolución temporal de la cuenca. Esta tiene una forma asimétrica con el depocentro en su parte norte, cerca del borde activo, adelgazándose el espesor del Terciario hacia el sur de la cuenca, donde además se encuentra las facies distales. El Terciario se dispone discordante sobre la serie cretácica, con un dispositivo en "onlap" en la parte sur.

El perfil sísmico DR87-19V atraviesa por el norte la Hoja de Mansilla de las Mulas (nº de CDP: 1620-2060), con un trazado aproximadamente perpendicular al perfil anterior y por tanto de rumbo E-O. Los materiales cretácicos tienen gran continuidad y solo se ven afectados por algunas fallas inversas, manteniendo una profundidad constante (1,4 s. la base del Mesozoico) que se levanta progresivamente hacia el oeste. La característica más llamativa de estos materiales es la geometría en cuña que presentan las calizas del Cretácico superior, en favor de la infrayacente Fm. Utrillas. Este dispositivo geométrico es el resultado de una plataforma carbonatada progradante hacia el Oeste sobre la Fm. Utrillas, y que se ajusta a las observaciones de campo realizadas por algunos autores en el borde sur de la Zona Cantábrica (EVERS, 1967; JONKER, 1972, FLOQUET, 1991).

Por lo que respecta al Terciario, la geometría de la cuenca apenas experimenta variaciones laterales a lo largo del perfil sísmico DR87-19V (fig.4).

Mediante la aplicación de diferentes métodos de conversión (programa informático 2DI SIERRA) es posible obtener mapas de profundidades o isopacas a partir de mapas de isocronas. Estos se obtienen a su vez mediante la correlación de los perfiles sísmicos interpretados, utilizándose también la información geológica de superficie y los datos de sondeos (REDONDO LOPEZ *et al* ; 1995). Cabe precisar que el datum (nivel de referencia) escogido para los mapas de isobatas (fig. 5) no es la superficie topográfica, sino una superficie horizontal de cota 900 m. sobre el nivel del mar.

Los mapas isobatas muestran una morfología típica de cuenca de antepaís con una zona más profunda hacia las coordenadas 4730000-330000 de los mapas (fig.5), perdiendo profundidad bruscamente hacia el borde N, y más suavemente hacia las zonas distales del S y lateralmente hacia el E. Se puede observar, además, que los mapas de isobatas tienen irregularidades debido a que los diferentes horizontes se ven afectados por fallas. Las zonas en blanco tienen distinta significación. En la parte norte de la cuenca las zonas en blanco reflejan el límite de la cuenca con los sedimentos paleozoicos de la Cordillera Cantábrica. En la parte oriental la interrupción de las isobatas viene dada por la falta de información. Finalmente, en el mapa de isobatas que refleja la profundidad del techo de las calizas del Cretácico superior (fig. 5.II) la falta de información en la zona occidental refleja su acuñamiento o interdigitación lateral con la Fm. Utrillas. El análisis concreto de los mapas de isobatas en la Hoja de Mansilla de las Mulas (fig. 5) refleja una profundización de la cuenca de sur a norte, tanto para la base del Terciario como para el techo del basamento.

## **4. GEOMORFOLOGÍA**

### **4.1. DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA.**

El relieve de la Hoja de Mansilla de las Mulas es muy suave y está caracterizado principalmente por amplias superficies planas escalonadas, construidas a partir del encajamiento de los ríos Esla

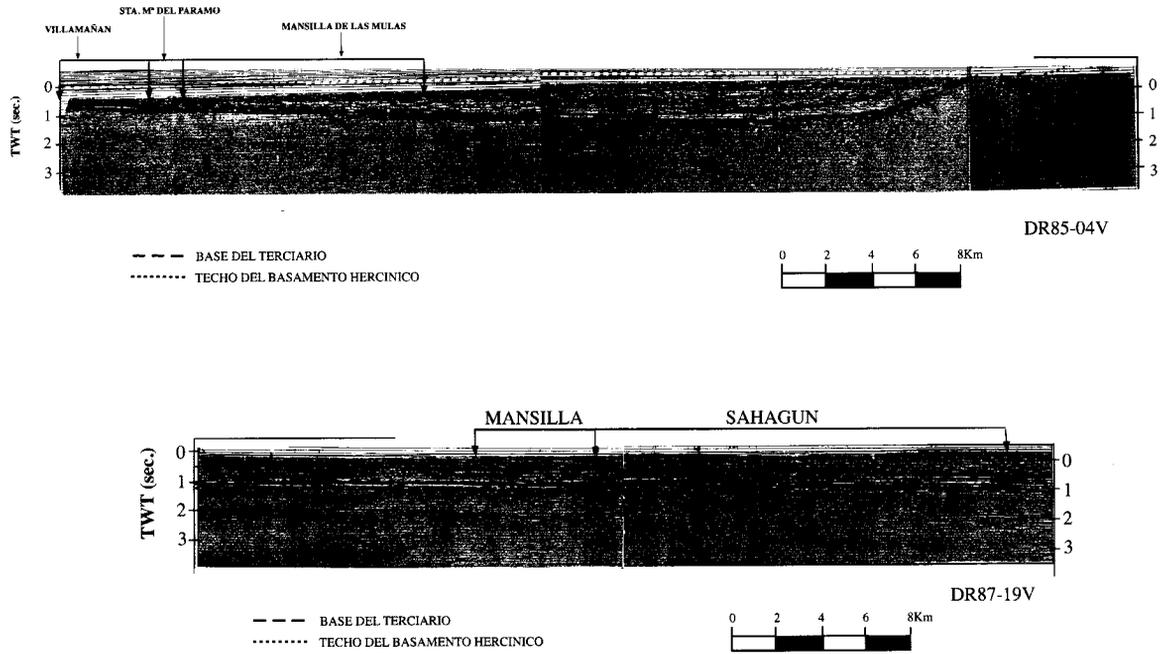


Fig. 4.- Interpretación geológica de los perfiles sísmicos DR85-04V y DR87-19V. Situación en la Fig. 3. Según Redondo *et al*, (1995), ligeramente modificada.

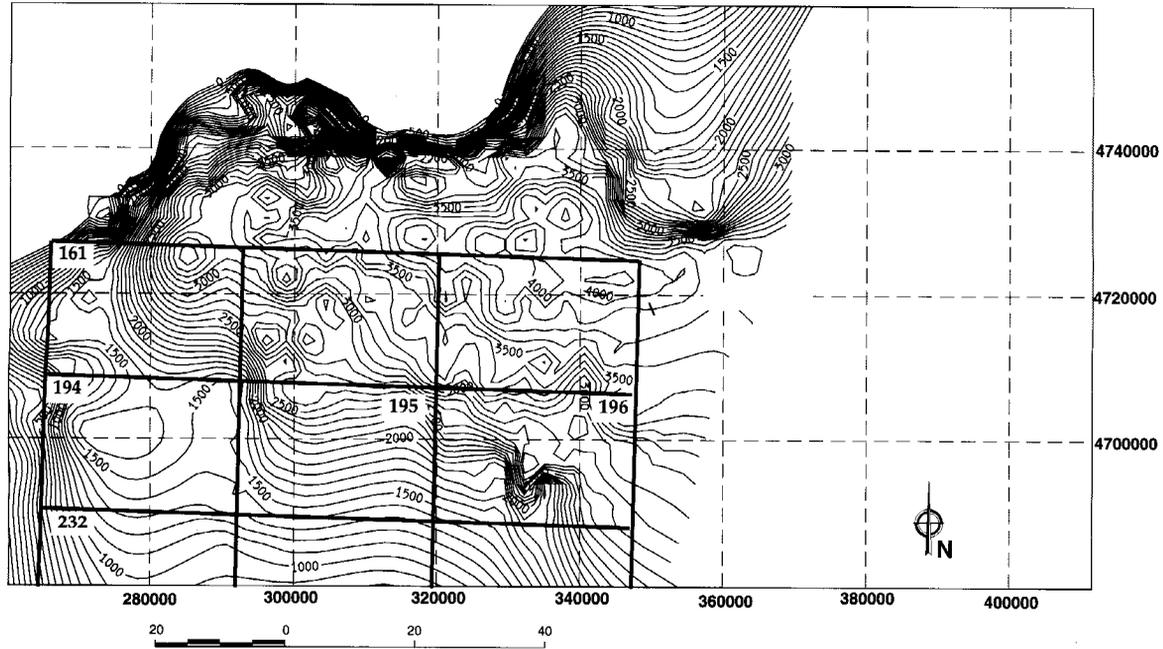


Fig. 5.1.- Mapa Isobatas del Techo del Basamento-Base del Mesozoico. Intervalo de contornos: 100 m. Según Redondo *et al*, (1995).



y Porma, aunque en este último caso los replanos abarcan superficies mucho menores. Los distintos niveles de terrazas están separados por escarpes, en los que suele aflorar el Terciario, y a través de los cuales se produce el aumento de cota de O a E, que alcanza su máximo en la Hoja (918 m) en el interfluvio con el Río Cea, ya en el límite con la Hoja de Sahagún. En la comarca de los Oteros (sur de la Hoja) existe un relieve ondulado producido por la suave incisión lineal de los materiales terciarios que separan las amplias terrazas del este de la Hoja de los pequeños replanos situados al oeste.

La red fluvial principal se caracteriza por valles amplios con replanos escalonados, definidos por los diferentes niveles de terrazas en los cursos importantes, y valles de fondo plano con laderas más verticalizadas en la red secundaria.

Topográficamente la Hoja es una altiplanicie suavemente ondulada con inclinación de NE a SO, que es la dirección de esorrentía de los ríos Esla y Porma, los cuales convergen en la esquina NO de la Hoja, donde se encuentran las menores cotas topográficas (775 m).

El modelado fluvial es una de las características de este paisaje meseteño, siendo los ríos Porma y Esla los principales cursos de agua que atraviesan la Hoja. Otros cursos de rango menor son los Arroyos de Valmadrigal, Valdefresno, Valdemuriel, Valle de Abajo y del Reguerón.

El clima es Mediterráneo Templado seco, con una temperatura media anual de 11°C y precipitaciones medias anuales que oscilan entre los 400 y 750 mm, registrándose los valores más altos de éstas últimas en el borde septentrional.

La vegetación autóctona es relativamente escasa debido al laboreo intensivo que han sufrido las tierras de la Hoja, habiendo quedando preservada únicamente en la esquina NE. La vegetación en esta zona está constituida por matorral con arbolado, destacando como especies arbóreas el roble melojo o rebollo, quejigos y encinas. El matorral lo constituyen fundamentalmente brezos, jaras, escobas y tomillares.

En las vegas del Porma y Esla aparecen extensas plantaciones de chopo y las características asociaciones de ribera con olmos, fresnos, chopos, álamos blancos, sauces y especies arbustivas fundamentalmente espinosas.

Los cultivos que se desarrollan se pueden agrupar en dos tipos. Los de regadío, concentrados en las llanuras aluviales y terrazas bajas, están dedicados a la remolacha azucarera, maíz grano y forrajero, patatas, prados naturales y de forma puntual hortalizas (pimientos, col, cebollas, etc...). El resto de la superficie cultivada corresponde al secano con cereales como el trigo, la cebada, la avena y el centeno, junto con algunas leguminosas.

Los núcleos urbanos son muy numerosos, aunque en general de pequeño tamaño. Las poblaciones más importantes son Mansilla de las Mulas, que da nombre a la Hoja, Santas Martas, el Burgo Ranero y Matallana de Valmadrigal.

Las comunicaciones son buenas destacando la N-601 León-Valladolid y la N-120 León-Burgos; así como el entramado de carreteras locales que comunican las diferentes localidades. Existe tam-

bién una densa red de caminos vecinales y pistas agrícolas afirmadas, trazadas con motivo de la concentración parcelaria.

Las explotaciones agrícolas y ganaderas son las principales fuentes de riqueza, destacando en primer lugar los cultivos de regadío y las explotaciones forestales de choperas, siguiendo en importancia los cereales, la ganadería bovina estabulada (leche) y la ovina-caprina.

## 4.2. ANTECEDENTES

La bibliografía que existe sobre la zona relativa a referencias geomorfológicas concretas es escasa, estando siempre referida a aspectos regionales. Los primeros trabajos corresponden a BIROT y SOLÉ (1954), y a HERNANDEZ-PACHECO (1957), MABESOONE (1961), NOSSIN (1960), PLANS (1970), ESPEJO *et al* ; (1973), TORRENT (1976), OLIVÉ *et al* ; (1982), BERTRAND y BERTRAND (1984), y más recientemente PÉREZ GONZÁLEZ (1989), PÉREZ GONZÁLEZ *et al* ; (1994), MARTÍN-SERRANO (1994), NOZAL (1994) y NOZAL y ESPINA (1994).

## 4.3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

### 4.3.1. Estudio morfoestructural

La Hoja pertenece al dominio morfoestructural de la Cuenca del Duero, formando parte de la periferia montañosa o piedemonte de la Cordillera Cantábrica.

De acuerdo con las unidades morfológicas de la Meseta septentrional descritas por PLANS (1970) esta Hoja pertenecería a la región de los "Altos Páramos Leoneses", constituídos por materiales detríticos cuarcíticos.

La morfología de la Hoja es el resultado de la actuación de los procesos erosivos que durante el Cuaternario ha ejercido la red fluvial (morfogénesis fluvial). Esta ha actuado sobre un sustrato de rocas detríticas subhorizontales, mas o menos homogéneas y deleznales según su grado de cementación y que estan constituídas fundamentalmente por limos con intercalaciones métricas discontinuas de conglomerados, areniscas y caliches.

Entre los elementos que conforman el modelado fluvial, predominan las formas planas relacionadas con las terrazas que, con distribución y desarrollo variable, se escalonan en dirección a los cauces actuales. La incisión de estas plataformas conglomeráticas de escaso espesor por la red de drenaje secundaria, da lugar a un paisaje donde los retazos de las terrazas ocupa altiplanicies flanqueadas por desniveles más o menos escarpados.

Desde un punto de vista morfoestructural la Hoja puede dividirse en tres bandas o unidades. La primera incluye todas las terrazas bajas y tiene una orientación NE-SO, coincidente con la dirección principal de escorrentía controlada por los ríos Porma y Esla. La segunda, de orientación N-S, se corresponde con las amplias terrazas medias y altas del Río Esla que ocupan la mitad oriental de la Hoja. La tercera unidad morfológica se sitúa en la parte meridional-central de la Hoja y se caracteriza por un relieve suavemente alomado, construido sobre sedimentos más com-

pactos del Mioceno. En la parte occidental de esta banda existen una serie de retazos de terrazas medias atribuidas al Porma (Nozal y Espina, 1994).

El Río Esla, que es la arteria principal de drenaje de la zona, junto con sus afluentes más importantes: Orbigo, Bernesga-Torío, Porma y Cea presenta una red de drenaje arborescente simple, conforme tanto con la pendiente general como con la homogeneidad litológica del sustrato en este sector de la Meseta Castellano-Leonesa.

La distribución y morfología de la red secundaria de la Hoja, en general poco densa, presenta sus peculiaridades en cada una de las unidades morfológicas establecidas anteriormente. Así, en la banda oriental, la red secundaria está condicionada por la disposición norteada de las terrazas. La ligera inclinación hacia el sur de éstas, da lugar a que los arroyos actuales tengan una disposición N-S, aprovechando incluso algunos escarpes de terrazas para encajarse (por ejemplo el Arroyo de Valmadrigal).

En la unidad noroccidental la escasa red secundaria se dispone también paralelamente a la dirección de los escarpes, que en este caso tienen una dirección NE-SO. En la Unidad meridional, al no existir el condicionante de las grandes superficies aterrazadas, los arroyos fluyen ortogonalmente hacia el Río Esla con una disposición E-O.

#### **4.3.2. Estudio del modelado y formaciones superficiales.**

Las diferentes morfologías tanto de acumulación como de erosión, derivadas de la actuación de los agentes externos, están condicionadas por las características litoestructurales que presenta la Hoja. Éstas se refieren en primer lugar al sustrato Terciario, caracterizado por materiales detríticos subhorizontales, homogéneos a nivel de capa, pero que en conjunto pueden dar lugar a una erosión diferencial neta (los niveles cementados dan lugar a resaltes). Por otro lado, el principal agente que ha condicionado el modelado es la morfogénesis fluvial, aunque también existen otras formas, como son los glaciares y coluviones. A continuación se describirán las distintas formas, agrupadas según el proceso generador.

##### Formas fluviales

Como ya se ha mencionado, las terrazas fluviales son las formas acumulativas con mayor representación dentro del entorno de la Hoja, sobre todo las relacionadas con los ríos Esla y Porma, y en menor orden de magnitud, las de sus afluentes secundarios.

Las terrazas representan las diferentes épocas de estabilidad entre sucesivas etapas de encajamiento fluvial. La división en terrazas altas, medias y bajas, aun siendo totalmente arbitraria, intenta mantener una cierta relación temporal con el Pleistoceno inferior, el Pleistoceno medio y el Pleistoceno superior- Holoceno (AGUIRRE, 1989; MOLINA y PÉREZ-GONZÁLEZ, 1989).

PORMA		ESLA (E)
T. ALTAS		+160 a +105 b +100-95 c +90-85 d
T. MEDIAS	+75-70 e +60-55 f +45-40 g +35 h	+80 e +75 f +65-60 g +55-50 h
T. BAJAS		+25-20 j +15 k +12 l +10 m +5 n

Tabla 1.- Niveles de encajamiento de las distintas terrazas presentes en la Hoja de Mansilla de las Mulas

El Río Esla, en su proceso de encajamiento ha dejado una serie de niveles de terrazas en su margen izquierda, por lo que el río se habría ido desplazando hacia el O. Los niveles más antiguos (terrazas altas) se sitúan entre +160 y +90 m con relación al lecho actual, mientras que las terrazas medias se disponen entre +80 y +50 m. El conjunto de terrazas altas y medias del Río Esla conforman una amplia zona con relieve plano (en detalle escalonado), denominado Páramo de Los Payuelos.

La terraza situada a +50-55 m (Eh) no presenta mayores problemas para relacionarla con el actual encajamiento del Esla en la parte norte de la Hoja. Sin embargo, unos Kms al sur de Santas Martas, ésta misma terraza se encuentra confinada en su parte occidental por un interfluvio constituido por materiales terciarios, dando lugar a un "valle muerto". Esto significa que en ésta zona no continuó el encajamiento del Esla hacia el Oeste. Tanto la terraza Eh como las situadas por encima de ellas (Eg, Ef, Ee, Ed, Ec, Eb y Ea) se continúan hacia el sur con una dirección meridiana, separándose progresivamente de las terrazas más bajas del Esla situadas en el NO de la Hoja. En la vecina Hoja de Valencia de Don Juan (ESPINA *et al*, *in litt.*) éstas terrazas adquieren un rumbo NE-SO a la vez que presentan un sentido de migración y encajamiento opuesto al observado en la Hoja de Mansilla de las Mulas, es decir hacia el E-SE (fig. 6). Tanto la dirección de los escarpes de las terrazas altas y medias del Esla como la situación del interfluvio Santas Martas-Matadeón que las limita por el Oeste, indican que el Río Esla tenía un trazado diferente del actual cuando depositaba los niveles más altos de terrazas (fig. 6).

Unos Kms al norte de Mayorga (fig. 6) algunas terrazas del Esla se continúan cartográficamente con las del Cea, evidenciando el uso compartido de sus primitivas llanuras aluviales. Esto significa que el trazado del Esla durante ese periodo conllevaba la confluencia con el Río Cea unas decenas de Kms más al NE de donde lo hace en la actualidad, en las proximidades de Benavente.

Respecto a los niveles de terrazas medias conservadas en forma de mesas aisladas en el extremo SO de la Hoja de Mansilla de las Mulas, parece lógico, en un principio, atribuirles al Esla, tenien-

do en cuenta la situación y el sentido de encajamiento de éste río en la actualidad. Sin embargo, las evidencias cartográficas muestran que las terrazas medias del Esla se encuentran más de 10 Km al Este y separadas de aquellas por el interfluvio Santas Martas-Matadeón. Si los retazos de terrazas del SO de la Hoja de Mansilla no pertenecen al Esla deben de corresponder a otro río que fluía paralelamente al Esla y separado de éste mediante un interfluvio del que todavía quedan vestigios. Este río debe de ser el Porma que ha ido dejando niveles de terrazas de dirección norteada a lo largo de la vecina Hoja de Gradefes (NOZAL *et al*; *in litt.*).

Durante el depósito de la terraza Eh, un afluente del Porma con un nivel de base más bajo y mediante erosión remontante en su zona de cabecera, habría capturado al Río Esla dando lugar a un "valle muerto" colgado topográficamente. El Río Esla se ha reequilibrado en su nuevo trazado a través de la primera terraza baja (Ej) que se ha encajado mucho con respecto a la anterior (30 m aprox.), para poder así regularizarse, ajustando su perfil al nuevo nivel de base marcado por el Porma.

Las terrazas bajas, situadas entre +25-5 m (Ej, Ek, El, Em y En) corresponden ya al trazado del Esla post-captura, y por ello son paralelas a su curso actual.

Si se produjo un proceso de captura por diferencia de niveles de base, como las evidencias cartográficas así lo indican, las llanuras aluviales del Porma y del paleo-Esla en el momento de la captura debían de estar desfasadas topográficamente. Este desfase habría que extrapolarlo también al resto de las terrazas del Porma y el paleo-Esla e implicaría la existencia de terrazas coetáneas situadas a distintas cotas. Por este motivo, la correlación temporal entre las terrazas del paleo-Esla y el Porma en el mapa Geomorfológico muestra un desfase de cotas (Tabla 1), consecuencia de que el Río Porma se encontraba unos metros más encajado que el Paleo-Esla.

El proceso de captura observado en la Hoja de Mansilla de las Mulas, pone de manifiesto los posibles errores que se pueden cometer al correlacionar terrazas temporalmente, atendiendo únicamente a sus cotas topográficas, ya que podemos estar tratando ríos con niveles de base diferentes. De hecho, todavía en la actualidad, el sistema fluvial Esla-Porma-Bernesga tiene un mayor grado de encajamiento que los Ríos Orbigo (30 m) y Cea (20 m), si se miden las cotas de sus cauces activos a lo largo de una transversal subperpendicular a los tres sistemas fluviales.

El sistema de terrazas del paleo-Esla (mitad oriental de la Hoja) está disectado en la actualidad por una red de arroyos que fluyen hacia el sur y que son afluentes del Río Cea. El más importante es el Arroyo de Valmadrigal, en el cual puede observarse la primera terraza de arroyo post-captura, relacionada ya con el flujo de aguas hacia el Cea (Ci).

Respecto a la edad de las terrazas, CASTELLANOS (1986) describe un yacimiento arqueológico en la localidad de Reliegos (Yacimiento de la Toza), en el cual ha aparecido industria lítica del Paleolítico inferior (Achelense medio) sobre la terraza h del Río Esla. El hecho de que las piezas clasificadas se hubieran recogido en superficie proporciona únicamente una edad mínima, que supone que el depósito de la terraza sería anterior a la edad del yacimiento (150.000-120.000 años a. A.).

La llanura aluvial y el lecho actual son los depósitos aluviales más recientes de los cursos mayores, en este caso el Porma y Esla. La llanura aluvial común a los ríos Esla y Porma alcanza una anchura de 4 Km y se sitúa entre 2 y 4 m por encima del lecho actual (lecho menor), en algunos

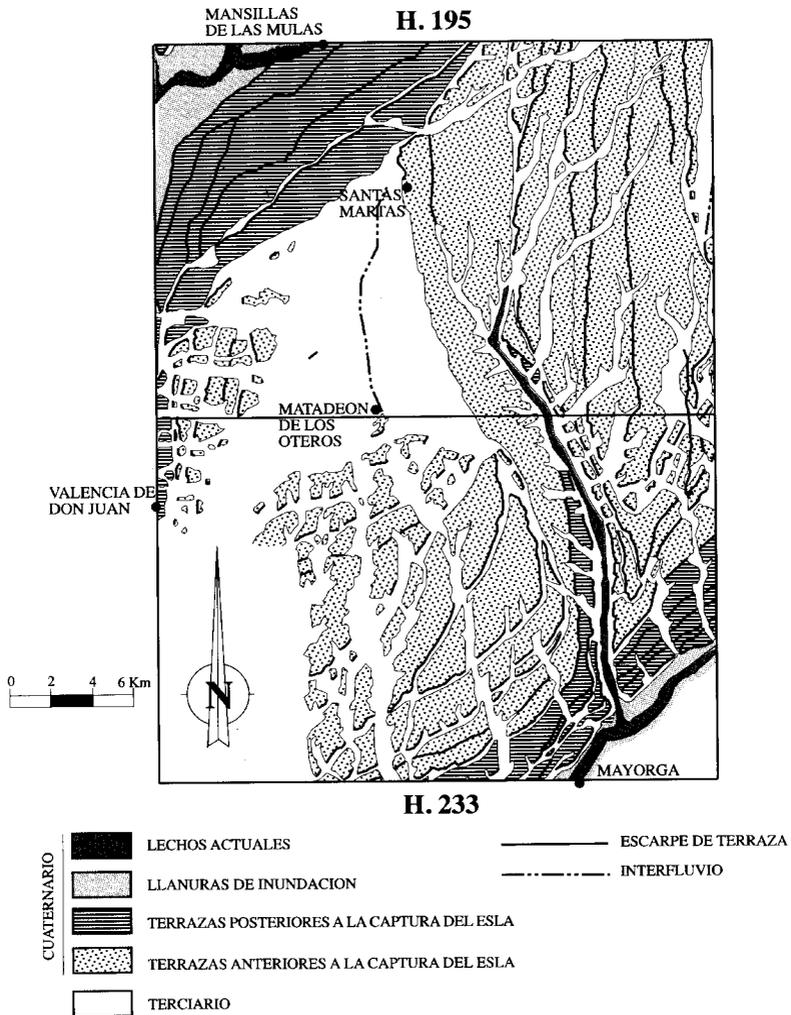


Fig. 6.- Esquema geomorfológico simplificado de las Hojas N° 195 (Mansilla de las Mulas) y N° 233 (Valencia de Don Juan).

casos bien delimitada por el escarpe existente en las riberas. La llanura aluvial presenta unos depósitos similares a las terrazas pero con un horizonte a techo de limos grises o pardos, de gran interés agrícola por su fertilidad y que constituye las llamadas "vegas" de los ríos.

La funcionalidad hoy en día de la llanura aluvial es prácticamente nula, al menos en la totalidad de su extensión, ya que en las épocas de mayor escorrentía, es el lecho actual el que recoge la totalidad del caudal. Este aspecto es consecuencia de la regulación de los cauces propiciada por los embalses del Esla y el Porma, situados en la cabecera de dichos ríos.

El lecho actual o "lecho aparente" de los ríos Esla y Porma aparecen en general bien delimitados por sus márgenes, que están excavados 2-4 metros en la llanura de inundación. Por esta franja discurren los cauces activos, con una sinuosidad media y divagando de una orilla a otra, dejando barras de gravas y arenas. Sobre dichas barras pueden observarse cicatrices de acreción muy marcadas y huellas de antiguas zonas de circulación de agua, cauces o meandros abandonados, a menudo conservados como zonas encharcadas.

Como fondos de valle se incluyen todos aquellos depósitos que tapizan el fondo de los valles y barrancos de la red secundaria. Su génesis puede ser puramente fluvial y más frecuentemente mixta, con aportes de materiales generados en las vertientes (soliflucción).

Sobre las terrazas y los fondos de valle y en la desembocadura de cursos de menor orden, aparecen otras formas de acumulación como son los abanicos aluviales y los conos de deyección. Dichas formas tienen un mismo origen, diferenciándose por la mayor dimensión de los primeros, su menor pendiente longitudinal y un perfil convexo más suave.

Las formas denudativas tienen su mayor desarrollo en la unidad meridional-central, en el antiguo interfluvio entre el paleo-Esla y el Porma, ocupado por sustrato terciario.

Las cárcavas son consecuencia de la incisión lineal sobre barrancos de laderas y/o escarpes de formas planas colgadas. Buenos ejemplos de acarreamiento se observan en las laderas norteñas de los Arroyos del Valle y del Valle de Abajo, en la comarca de los Oteros.

La incisión lineal es muy patente en las vertientes de los arroyos de la red secundaria que inciden el antiguo interfluvio entre el paleo-Esla y el Porma. Sobre las laderas de estos arroyos se desarrolla un conjunto de regueros más o menos cortos, que van convergiendo, conformando con el colector principal un drenaje dendrítico.

La erosión lateral del cauce se produce en las márgenes cóncavas de los meandros, en concreto en la margen izquierda del Río Esla y en las proximidades de Mansilla de las Mulas.

### Formas poligénicas

Pertencen a este grupo todas aquellas formas en cuya génesis ha intervenido más de un proceso. En el caso de ésta Hoja, éstas formas están representadas por los glaciares, en cuya formación intervienen procesos de arroyada difusa, junto con los asociados a la evolución de las vertientes. Se han diferenciado dos tipos: el más antiguo se presenta encajado con respecto a la Raña (Nozal

*et al*, *in litt.*) y a la vez desconectado de las terrazas más altas de los principales ríos, por lo que debe interpretarse como una reelaboración de la superficie culminante, en las primeras etapas de la morfogénesis fluvial. En la actualidad está totalmente degradado, conservándose únicamente un pequeño cerro testigo en el límite NE de la Hoja.

El otro tipo de glacis presenta diferentes ubicaciones, por lo que correspondería en realidad a distintas generaciones que se han unificado cartográficamente. Tenemos, por un lado los glacis del extremo NE de la Hoja, que que arrancarían del más antiguo (NOZAL *et al* ; op. cit.), para enlazar hacia abajo con la segunda terraza del Esla (b). En algunos casos dicho glacis está ya desconectado de la ladera actual por incisión de la red secundaria, quedando colgado en cabecera (S de Villamuño). En otros casos, como en San Pedro de los Oteros, el glacis aparece desconectado de otras formas, situándose a cotas entre 850-820 m (borde S), aunque probablemente enlazaría con la terraza más alta de Esla (a), de la que aflora un retazo en las proximidades de Matadeón de los Oteros.

#### Formas de laderas

Se han considerado aquí, los coluviones originados por la acción conjunta de la gravedad, solifluxión y arroyada laminar en las vertientes regularizadas de algunos arroyos, estando tapizadas de canturreal y material fino que enmascara el sustrato terciario.

#### Formas lacustres

Corresponden a pequeñas lagunas o encharcamientos de poca profundidad (menor de 1 m) y que con formas redondeadas u ovaladas, son funcionales estacionalmente, desapareciendo en la época seca, en la que muestran un fondo de limos grises. Se desarrollan sobre superficies planas de poca pendiente, en este caso las terrazas altas y medias del Esla que conforman el Páramo de los Payuelos. Su origen parece relacionarse con pequeñas cubetas erosivas causadas por deflación eólica (GUTIÉRREZ ELORZA *et al*, 1982) o a zonas con drenaje deficiente.

#### Formas Antrópicas

Corresponden a los asentamientos y actividades humanas, habiéndose diferenciado los núcleos urbanos, las canteras, los muros de contención en el cauce activo del Esla y los canales.

### **4.3.3. Evolución dinámica.**

Considerando la ubicación de la Hoja y la ausencia de condicionamientos tectónicos en la misma, la evolución dinámica se caracteriza por una morfogénesis de disección fluvial. Esta se inicia a partir de un paisaje finieógeno dominado por la sedimentación (al menos para este sector de la Cuenca) en un contexto de abanicos aluviales húmedos de alta eficacia de transporte. En éste caso el paisaje finieógeno vendría definido por los últimos episodios sedimentarios (Rañas) de los abanicos silíceos de Barrillos y Vidanes, a partir de los cuales se inicia la disección.

El inicio del proceso de disección, que habitualmente se ha considerado como el tránsito Neógeno-Cuaternario, sería para MARTÍN-SERRANO (1988a y b) consecuencia de la captura de la Cuenca del Duero por la red fluvial que progresa desde el Atlántico.

Así pues, a partir de las Rañas, tiene lugar el encajamiento de los ríos Porma y Esla, progresando el encajamiento precisamente en ese orden, es decir hacia el Este. A consecuencia de ello, el Porma discurriría topográficamente más bajo que el Esla, y por eso éste último llegó a ser capturado. A lo largo de este proceso se produce la erosión y vaciado del relleno neógeno, desarrollándose numerosos niveles de acreción lateral que constituyen las terrazas, conformando una serie de plataformas escalonadas a partir del techo del piedemonte.

El acontecimiento más importante acaecido durante este proceso y que por su envergadura tiene implicaciones regionales, es la captura del paleo-Esla por un afluente del Porma. Ésta se produce en tiempos de la terraza (h), actualmente a cota +50-55 m sobre el cauce actual. Este fenómeno conllevó el abandono del Esla de su antiguo cauce, que actualmente ha quedado colgado, y un rápido proceso de incisión y erosión remontante para estabilizar su perfil aguas arriba del punto de captura. Este proceso queda puesto en evidencia por el gran desnivel existente (25-30 m) entre la última terraza precaptura (h) del paleo-Esla, y la primera terraza asociada al Esla actual (j).

Ligeramente retardada en el tiempo se originaría y encajaría la red secundaria, constituida por los Arroyos de Valmadrigal, Valle de Abajo, Valdearcos, Regerón, Valdegorrón, etc, y por último, la red menor de arroyos y barrancos.

#### **4.3.4. Morfología actual-subactual y tendencias futuras.**

La Hoja de Mansilla de las Mulas no evidencia procesos geológicos recientes tanto denudativos como sedimentarios de importancia, si exceptuamos la captura del paleo-Esla por el Porma y la consiguiente reorganización de la red fluvial. A ello, han contribuido un conjunto de factores como son: la estabilidad neotectónica de la zona, la disposición y naturaleza de los materiales, y por último el clima imperante en la misma. De cara a un futuro próximo, no se prevén cambios sustanciales en los procesos actuales ni desequilibrios morfológicos.

De entre los procesos actuales, destacaremos la incisión de barrancos y cárcavas y los procesos de laderas que tienden a rebajar los interfluvios con el fin de conseguir un mayor equilibrio y homogeneización del relieve.

También la erosión lateral en los cauces del Porma y Esla tiene lugar en la actualidad a nivel local, por migración lateral del cauce en las zonas de meandro, produciendo socavamiento en los márgenes cóncavos, conllevando además, en algunos casos, la desestabilización de escarpes mayores. En aquellos lugares donde existe riesgo de erosión importante sobre fincas, vías de comunicación y otros bienes, se han tomado las medidas correctoras oportunas con la construcción de gaviones.

Los procesos sedimentarios recientes tienen lugar en los lechos actuales y en los fondos de valle, originando barras de gravas y arenas. Los abanicos aluviales cuaternarios de mayor tamaño han dejado de ser funcionales, pues en la mayoría de ellos se ha encauzado el canal de alimentación imposibilitando su desbordamiento.

## 5. HISTORIA GEOLÓGICA.

La historia geológica de la Hoja de Mansilla de las Mulas se relaciona estrechamente con la evolución tectosedimentaria del borde septentrional de la Cuenca del Duero y por tanto de la Cordillera Cantábrica.

La Fm Utrillas y los carbonatos de plataforma del Cretácico superior, aunque no aflorantes, constituyen la base de la secuencia de cobertera que separa los materiales del zócalo hercínico de los sedimentos sinorogénicos terciarios (fig. 4). Las formaciones mesozoicas, depositadas sobre un sustrato hercínico previamente deformado, se encuadran en las postrimerías de los procesos extensionales que originaron la Cuenca Vasco-Cantábrica y la apertura del Golfo de Vizcaya, muchos Kms al este de la Hoja que nos ocupa. A nivel de este sector de la Cuenca del Duero, las únicas evidencias de estos procesos son la progradación hacia el oeste de los sedimentos de plataforma cretácicos y su interdigitación con las facies continentales de la Fm. Utrillas, junto con la existencia de algunas fallas sinsedimentarias de escasa importancia (REDONDO LÓPEZ *et al* , (1995).

A finales del Cretácico y sobre todo a partir del Maestrichtiense, comienza a instalarse en la región un régimen diferente al marino que caracterizó al Cretácico superior. El contexto geodinámico de este cambio se relaciona con el comienzo de las fases alpinas compresivas y el final de la apertura del Golfo de Vizcaya. El paso de condiciones marinas a continentales se pone de manifiesto mediante la instalación de ambientes litorales salobres restringidos, que evolucionan a depósitos continentales.

Por lo que respecta al Terciario no existe, en esta Hoja, un registro sedimentario completo como para poder establecer una cronología detallada de los acontecimientos acaecidos durante la evolución de la Cuenca del Duero. Sin embargo, puede establecerse una evolución tectonoestratigráfica general para el Terciario, en base a lo acontecido en su borde norte, que presenta una serie algo más completa en tiempos Oligo-Miocenos.

Así, la flexión cortical provocada al emplazarse el cabalgamiento frontal alpino de la Zona Cantábrica (ALONSO *et al* , 1996) originó la típica cuenca de antepaís por delante del frente orogénico: la Cuenca del Duero. El periodo orogénico tiene su máxima expresión para esta zona en tiempos Oligo-Miocenos, originándose entonces una orla de abanicos aluviales en todo el borde meridional de la Cordillera Cantábrica. La intensidad y continuidad de los procesos erosivos sobre el relieve creado, dá lugar a potentes formaciones sinorogénicas que rellenan la Cuenca del Duero (Foreland basin). Ésta presenta una geometría asimétrica con el depocentro en su parte norte, cerca del borde activo, adelgazándose el espesor del Terciario hacia el sur de la cuenca, donde además se encuentran las facies distales. Es precisamente en esta parte de la cuenca donde se encuentra ubicada la Hoja de Mansilla de las Mulas (perfil sísmico DR85-04V).

Los abanicos aluviales son de carácter polimítico y muestran una sucesión globalmente progradante y típicamente sinorogénica con discordancias sintectónicas en las proximidades del borde activo (ALONSO *et al* , 1996). A partir de los rasgos sedimentarios y de los restos de fauna asociados, se deduce un clima semiárido, o más bien con estacionalidad marcada, en un ambiente parecido al de la "sabana" africana actual.

Una ralentización de la sedimentación, con probable interrupción de la misma, marcaría un nuevo ciclo en el Mioceno superior, con la implantación de abanicos silíceos esencialmente post-tectónicos, en condiciones más húmedas que las precedentes (Herrero *et al* ;1994).

Con el comienzo de la gliptogénesis fluvial queda concluida la etapa endorreica de la Cuenca del Duero y comienza su exorreísmo hacia el Atlántico. Este proceso se verifica al progresar la red fluvial neógena desde el Atlántico sobre el zócalo hercínico, llegando a alcanzar las cuencas endorreicas de la Meseta Castellana (MARTÍN-SERRANO, 1988a y b).

El inicio del encajamiento fluvial se atribuye al tránsito Neógeno-Cuaternario (AGUIRRE, 1989), aunque como ya se ha mencionado con anterioridad, se trata de un proceso progresivo a nivel cuencal, y por tanto heterócrono. De todo ello, se deduce lo problemáticas que resultan en la actualidad las dataciones de los últimos episodios neógenos y las correspondientes al nuevo ciclo fluvial cuaternario, convencionalmente fijado en el Pleistoceno inferior.

Durante el Pleistoceno, se ha ido definiendo la red fluvial actual, que además de dismantelar los depósitos terciarios, construye y abandona, mediante sucesivos encajamientos del cauce, extensas plataformas de canturrales cuarcíticos correspondientes a las terrazas.

El proceso de captura del paleo-Esla por un afluente del Porma dió lugar a la reordenación fluvial de toda la región. Este importante proceso de captura se produjo por la concatenación de varios fenómenos consistentes en: La migración progresiva de la "onda de exorreísmo" hacia el N, siguiendo el borde zamorano-leonés y casi simultáneamente hacia el E; la denudación de los interfluvios mayores, en gran parte por migración lateral de los principales sistemas fluviales, y el encajamiento de los mismos y de sus redes secundarias.

En el Holoceno la morfogénesis fluvial continúa, reflejándose en los depósitos más recientes de la red fluvial, y que junto con otros procesos morfodinámicos, tienden también a rebajar los interfluvios.

## **6. GEOLOGÍA ECONÓMICA.**

### **6.1. RECURSOS MINERALES. ROCAS INDUSTRIALES**

La naturaleza litológica de los materiales que afloran en la Hoja restringe exclusivamente el aprovechamiento de los mismos a las denominadas "rocas industriales".

-Áridos naturales: Existen algunas explotaciones permanentes, a veces de tipo industrial, para el aprovechamiento de materiales cuaternarios como áridos naturales, principalmente arenas y gravas. En el Mapa a E. 1:200.000 de Rocas y Minerales Industriales nº 19 (León), están inventariadas dos instalaciones en el extremo NO de la Hoja, una permanente y la otra abandonada. La primera se encuentra en el límite con la Hoja de Santa María del Páramo, inmediatamente al oeste de Villarroaño y en la confluencia de las llanuras de inundación de los ríos Esla y Bernesga. La producción anual se cifra entorno a los 600.000 m<sup>3</sup>/año. La cantera abandonada explotaba también los aluviones del Esla situados al este de Villacelama. Existe, por último, dos explotaciones no inventariadas que han sido abiertas recientemente, una en las proximidades de Valdearcos y

la otra en Fresno de la Vega. En la explotación de Valdearcos existen además dos frentes, uno situado en el fondo de valle del Arroyo de Valdearcos y otro en la primera terraza posterior a la captura del Esla (k). En las cuatro canteras mencionadas, las características de los materiales explotados los hacen aptos para la fabricación de hormigones.

En el ámbito de la Hoja existen otras extracciones que tienen un carácter exclusivamente local y temporal en función de necesidades concretas. La mayoría se encuentran en la terraza más moderna del Esla (n). Las sustancias que han sido aprovechadas ocasionalmente corresponden a:

-Zahorras: Se engloban bajo esta denominación mezclas de gravas, arenas y arcillas; su principal utilización es como árido de compactación, habiéndose usado en la construcción de la extensa red de pistas existentes en la Hoja y en el canal del Porma.

Se trata de pequeñas excavaciones superficiales, habiéndose reconocido extracciones en depósitos cuaternarios de terrazas y en niveles conglomeráticos terciarios, limitadas a la potencia de los depósitos (1-3 m).

## 6.2. HIDROGEOLOGÍA

La Hoja de Mansilla de las Mulas de acuerdo con la distribución de los Sistemas Acuíferos en la península (NAVARRO *et al*, 1989), formaría parte desde el punto de vista hidrogeológico del Sistema Acuifero nº 8-Región Norte, o del Esla-Valderaduey (fig. 7). En función del conjunto de materiales descritos en la Hoja se pueden diferenciar dos tipos de acuíferos: superficiales (libres) y profundos (confinados o semiconfinados).

-Acuíferos superficiales: Presentan como característica común el encontrarse próximos a la superficie del terreno y comportarse hidrodinámicamente como acuíferos libres. Se recargan por infiltración de lluvia y más raramente por escorrentía superficial. Su explotación se realiza mediante pozos excavados de gran diámetro y poca profundidad. Los acuíferos superficiales más importantes corresponden a los páramos detríticos y a las llanuras aluviales de los ríos.

Los páramos detríticos en la Hoja de Mansilla son las terrazas, que están desconectadas hidráulicamente, al ser niveles topográficamente colgados. Los espesores de estos depósitos son variables, oscilando normalmente entre 1,5 y 5 m, apoyándose sobre los materiales detríticos mioceños con los que se conectan hidráulicamente mediante percolación.

El interés de estos acuíferos es escaso debido al poco espesor saturado y a las bajas permeabilidades y transmisividades que presentan, sin embargo, pueden cubrir pequeñas necesidades puntuales.

Los acuíferos aluviales de los ríos incluyen, además de los depósitos aluviales en sentido estricto (fondos de valle y llanura de inundación), a las terrazas más bajas, las cuales pueden estar conectadas con los primeros. Las extracciones se realizan mediante pozos de gran diámetro (2-4 m) y poca profundidad (5-10 m), encontrándose el nivel freático a unos 3 m aproximadamente. Localmente se obtienen caudales interesantes en las llanuras aluviales del Porma y Esla, presentando el inconveniente de la alta vulnerabilidad frente a la contaminación.

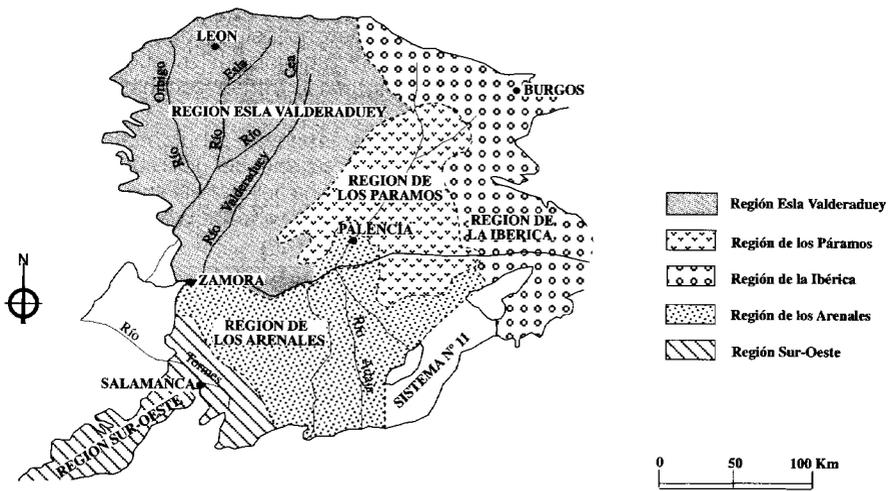


Fig. 7.- División del Terciario detrítico de la Cuenca del Duero en Regiones Hidrogeológicas. Tomado de Navarro et al, (1993).

Actualmente la mayoría de las captaciones están en desuso como consecuencia de la puesta en marcha de los planes de regadío (canales de riego de los Payuelos y Porma).

-Acuíferos profundos: Están formados por los materiales del terciario detrítico que rellenan la fosa del Duero, con potencias que superan los 2000 m. Son los más interesantes desde el punto de vista de captaciones de agua subterráneas.

Litológicamente están constituidos por niveles discontinuos de potencia métrica de conglomerados y arenas, intercalados en una matriz semipermeable de limos arenosos y arcillas. Estos niveles funcionan, en conjunto, como un acuífero único, heterogéneo y anisótropo, confinado o semiconfinado según las zonas. El nivel piezométrico es variable en la vertical de un punto en función de la profundidad. La circulación del agua subterránea se establece desde los interfluvios hacia los ríos, en cuyos valles son frecuentes los sondeos surgentes (fig. 8).

A partir de los sondeos hidrológicos proporcionados por el IGME, REDONDO LÓPEZ *et al*, (1995) han realizado un intento de correlación de los acuíferos del subsuelo en la Hoja de Mansilla de las Mulas (fig. 9). Estos acuíferos están asociados sobre todo a niveles de arenas y esporádicamente a algún nivel de gravas. Dichas correlaciones deben de tomarse con las debidas precauciones, debido al distanciamiento espacial entre las distintas columnas estratigráficas. Hay que tener en cuenta además, la escasa continuidad lateral que suelen presentar los niveles arenosos y conglomeráticos en las zonas medias/distales de los abanicos aluviales que caracterizan el relleno sedimentario en esta parte de la Cuenca del Duero.

Los caudales específicos obtenidos son muy variables (0,5-15 l/seg.), dependiendo del número de niveles de gravas atravesadas (frecuentemente en relación directa con la profundidad) y el espesor de los mismos, influyendo también la técnica de perforación efectuada y el posterior "desarrollo" del pozo.

Del inventario de puntos de agua de la Hoja existente en el IGME, se han extraído algunos datos ilustrativos de la variabilidad de estos parámetros (Tabla 2).

Finalmente, desde un punto de vista químico, estas aguas subterráneas pueden clasificarse como bicarbonatadas cálcico-magnésicas, siendo aptas para el consumo humano.

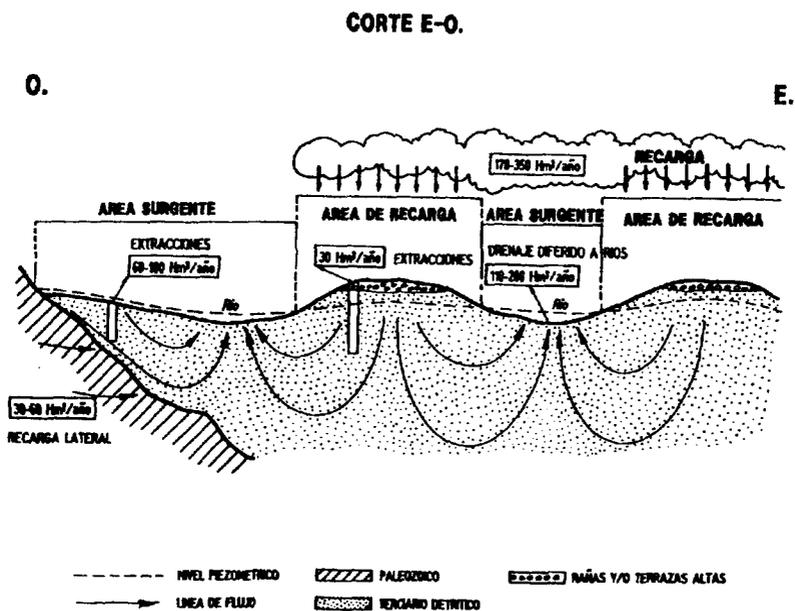


Fig. 8.- Esquema de flujo en la Región del Esla-Valderaduey. Tomado de Navarro *et al*, (1993).

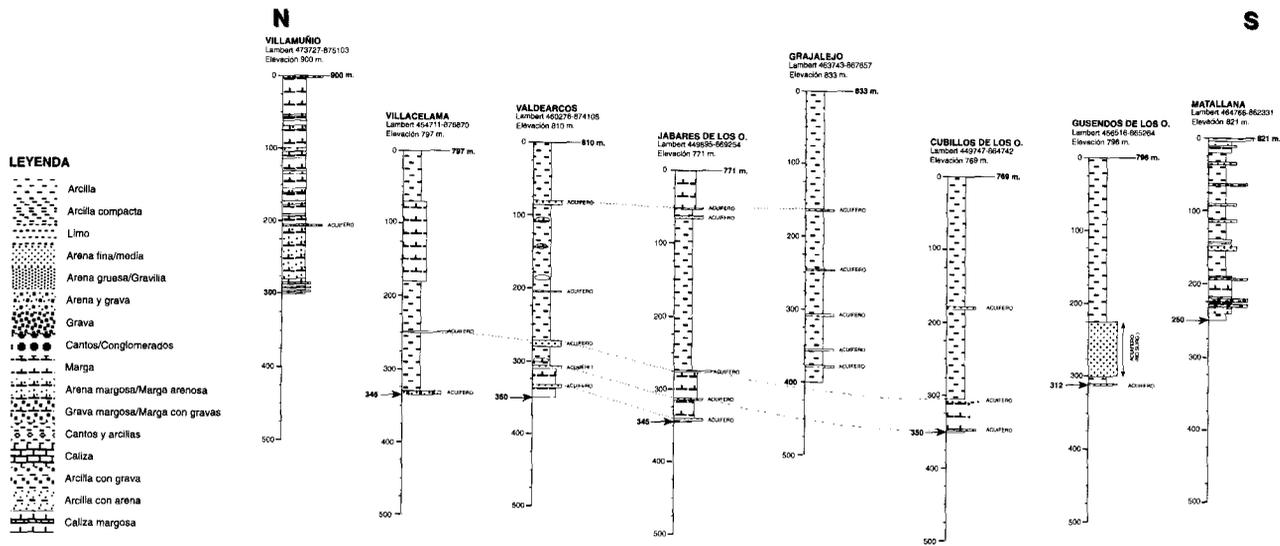


Fig. 9.- Propuesta de correlación entre los distintos acuíferos del subsuelo de la Hoja de Mansilla de las Mulas. Según Redondo *et al*, (1995).

Localización	Nº Niveles	Prof. Total	Esp. Niveles	Emplaz. Niv.	Caudal
Villacelama 1-001	2	345	1/15	248-330	14,75 l/s
Villarroañe 1-011	5	312	10/12/16/8 /10	120-144-202- 262-282	5 l/s surgente
Valdearcos 2-001	5	350	3/2/8/2/4	80-204-272- 306-334	5 l/s
Santas Martas 2-003	2	387	4/5	346-375	0,5 l/s surgente
Mansilla de las Mulas 2-004	3	412	9/4/2	347-382-410	surgente
Villamarco 3-001/003	1	6	6		2,8 l/s surgente
Villamuñio 4-001	3	300	17/25/19	119-200-241	5,5 l/s
Burgo Ranero 4-003	1	7	7		5,5 l/s surgente
Jabares de los Oteros 5-001	5	345	2/4/2/3/3	52-62-274- 312-340	10 l/s surgente
Cubillas de los Oteros 5-002	3	350	3/3/2	178-311-347	15 l/s surgente
Fresno de la Vega 5-003	3	252	5/10/3	120-180-248	5 l/s surgente
Velilla de los Oteros 5-008	8	400	2/2/5/4/3/5/4/3	287-306-315- 324-336- 349-375-392	10 l/s surgente
Gusendos de los Oteros 6-002	2	312	75/3	225-309	4 l/s
Grajalejo 7-001	5	400	2/2/3/2/3	166-246- 306-354-374	4 l/s
Matallana Valmadrigal 7-004-006	3	7	5/7/7		2,8 l/s
Villamoratiel de las Matas 7-011	1	7	7		4,16 l/s
Grañeras 8-002-003	2	7	7/7		5,5 l/s
Vallecilo 5,5 l/s 8-005	1	8	8		

Tabla 2.- Datos hidrogeológicos obtenidos en distintas localidades de la Hoja de Mansilla de las Mulas (inventario de puntos de agua del IGME).

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- AEROSERVICE LTD. (1967).- Mapa Geológico de la Cuenca del Duero, escala 1:250.000. Inst. Nacional de Colonización-IGME. Madrid.
- AGUIRRE, E. (1989).- El límite inferior del Pleistoceno. En: *Mapa del Cuaternario de España*. ITGE, 87-94.
- ALONSO, J.L.; PULGAR, J.A.; GARCÍA-RAMOS, J.C. y BARBA, P. (1996).- Tertiary Basins and Alpine tectonics in the Cantabrian Mountains (NW Spain). En: *Tertiary Basins of Spain*. (P.F. Friend & C.J. Dabrio, Eds.) Cambridge University Press.
- ALONSO, J.L.; PULGAR, J.A. y GARCÍA-RAMOS, J.C. (1994).- Las discordancias sintectónicas del Borde Norte de la Cuenca del Duero: El papel de las variaciones laterales en la Estructura. En: *Comunicaciones II Congreso del G.E.T.* (A. Muñoz, A. González, A. Pérez, Eds.). JACA. 19-22.
- ARAGONÉS, E.; GUTIÉRREZ ELORZA, M. y MOLINA, E. (1982).- Memoria explicativa de la Hoja nº 164 (Saladaña). 2ª Serie MAGNA. IGME. Madrid. 34 pp.
- BATALLER, J.R. y HERNANDEZ SAMPELAYO, P. (1944).- Contribución al estudio del Mioceno de la Cuenca del Duero en la zona leonesa. *Notas y Com. IGME* 13, 21-35 pp.
- BERTRAND, C. y BERTRAND, G. (1984).- Des rañas aux rasa: remarques sur le systeme montagne-piédmont de la Cordillère Cantabrique Central, Espagne du nord-ouest. *Montagnes et piémonts. Revue. géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*. 247-260. Toulouse
- BIROT y SOLÉ, L. (1954).- Recherches morphologiques dans le Nord- Ouest de la Peninsule Iberique. *Men. et Doc. du C. N. R. S.*, 4, 9-61.
- CASTELLANOS, P. (1986).- *El Paleolítico Inferior en la Submeseta Norte (León)*. Instituto Fray Bernardino de Sahagún. Diputación de León-CSIC. 241 pp.
- CIRY, R. (1939).- Etude geologique d'une partie des provinces de Burgos, Palencia, León et Santander. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 74, 504 pp.
- COLMENERO, J.R.; GARCÍA-RAMOS, J.C.; MANJÓN, M. y VARGAS, I. (1982 a).- Evolución de la sedimentación terciaria en el borde N. de la Cuenca del Duero entre los valles del Torio y Pisuerga (León-Palencia). I Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Salamanca, 1979, *Temas Geol. Min., I.G.M.E.*, VI (I), 171-181
- COLMENERO, J.R.; VARGAS ALONSO, I.; GARCÍA-RAMOS, J.C.; MANJÓN RUBIO, M.; GUTIÉRREZ ELORZA M. y MOLINA, E. (1982 b).- *Memoria y Mapa Geológico de España a E. 1:50.000. nº131 (Cistierna)*. 2ª Serie-MAGNA. IGME. Madrid. 95 pp.
- ESPEJO, R.; TORRENTE, J., y ROQUERO, C. (1973).- Contribución a la caracterización de niveles superiores de terrazas fluviales en los ríos españoles. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. (Geol.)*. T. 71, 231-236.
- ESPINA, R.G.; SUAREZ RODRIGUEZ, A. y NOZAL, F. (in litt).- Mapa Geomorfológico en: Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 Nº 233 (Valencia de Don Juan).. Segunda Serie MAGNA. ITGE. Madrid.
- ESTEBAN, M. y KLAPPA, C.F. (1983).- Subaerial Exposure Environment. In: Carbonate depositional environments (P.A. Scholle, D.G. Bubout y C.H. Moore, Eds.), *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, 33, 55 pp.
- EVERS, H. J. (1967).- Geology of the Leonides between the Bernesga and Porma rivers, Cantabrian Mountains, NW Spain. *Leidse Geol. Meded.*, 41, 83-151.
- FLOQUET, M. (1991).- La plate-forme nord-castillane au Crétacé supérieur. Arrière pays ibérique de la marge passive basco-cantabrique. Sédimentation et Vie. *Mem. Geol. Univ. Dijon*, 14,

- 925 p.
- GARCÍA-RAMOS, J.C.; COLMENERO, J.R. y MANJÓN, M. (1982a).- Modelo de sedimentación en los abanicos aluviales de clastos carbonatados del borde N. de la Cuenca del Duero. I Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Salamanca, 1979, *Temas Geol. Min. I.G.M.E.*, VI, 275-289.
- GOUDIE, A.S. (1983).- Calcrete. En: Chemical sediments and geomorphology. *Precipitates and residua in the near surfac environments*. (A. S. Goudie y P. Kenneth, Eds). Academic Press. 93-131.
- GUTIÉRREZ ELORZA, M.; BENITO, G. y SANCHO, C. (1982).- Geomorfología de la Hoja Geológica a E. 1:50.000 de los Arcos de Jalón (435).IGME.Madrid.
- HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P.; LACASA, F. y COMBA, A. (1929).-*Memoria explicativa del Mapa Geológico Nacional E. 1:50.000., n° 196 (Sahagún)* . 1ª Serie. IGME. 24 pp.
- HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P.; COMBA, A. y LACASA, F. (1929).- *Memoria y Mapa Geológico de España, E. 1: 50.000 n° 195 (Mansilla de las Mulas)*. 1ª Serie. IGME. 23 pp.
- HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P. (1933).- *Memoria y Mapa Geológico de España, E. 1: 50.000 n° 162 (Gradefes)*. 1ª Serie. IGME, 37 pp.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, F. (1957).- Las formaciones de raña de la Península Hispánica. En: *Resúmenes del V Congreso Internacional del INQUA* . Madrid-Barcelona, 78-79.
- HERRERO, A.; NOZAL, F.; SUAREZ RODRIGUEZ, A. y HEREDIA, N. (1994).- Aportación al Neógeno de la Provincia de León. En: *Comunicaciones II Congreso del G.E.T.* (A. Muñoz, A. González, A. Pérez, Eds.). JACA.133-136.
- IGME. (1970).- *Mapa Geológico de España, E. 1: 200.000, n° 19 (León)*. *Síntesis de la cartografía existente*. 1ª edición. IGME.
- JONG, J.D. de (1971).- Molasse and clastic-wedge sediments of the southern Cantabrian Mountains (NW Spain) as geomorphological and environmental indicators. *Geol. Mijnbouw*, 50, 399-416.
- JONKER, R.K. (1972).- Fluvial sediments of Cretaceous along the southern Cantabrian Mountains, Spain. *Leid. Geol. Meded.*, 48, 275-379.
- LEGUEY, S. y RODRÍGUEZ, J. (1970).- Estudio de las terrazas y sedimentos de los ríos de la cuenca del Esla. *Bol. R.Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 68, 41-56.
- LEYVA, F.; MATAS, J. y RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, L.R. (1984).- *Memoria y Mapa Geológico Nacional a E. 1:50.000. n° 129 (La Robla)*. 2ª Serie-MAGNA. IGME, 98 pp.
- MABESOONE, J.M. (1959).- Tertiary and Quaternary Sedimentation in a part of the Duero Basin (Palencia, Spain). *Leidse Geol. Meded.* 24, 31-180.
- MABESOONE, J.M. (1961).- La sedimentación terciaria y cuaternaria de una parte de la Cuenca del Duero (provincia de Palencia). *Estudios Geol.*, 17, 101-130.
- MANJÓN, M.; COLMENERO, J.R.; GARCÍA-RAMOS, J.C. y VARGAS, I. (1982 a).- Génesis y distribución espacial de los abanicos siliciclásticos del Terciario superior en el borde N de la Cuenca del Duero (León-Palencia). I Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Salamanca, 1979, *Temas Geol. Min. IGME*, VI (I), 357-370.
- MANJÓN, M.; GARCÍA-RAMOS, J.C.; COLMENERO, J.R. y VARGAS, I. (1982 b).- Procedencia, significado y distribución de diversos sistemas de abanicos aluviales con clastos poligénicos en el Neogeno del borde N. de la Cuenca del Duero. I Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Salamanca, 1979, *Temas Geol. Min. IGME*, VI (I), 373-388
- MANJÓN RUBIO, M.; VARGAS ALONSO, I.; COLMENERO NAVARRO, J.R.; GARCÍA-RAMOS, J.C.; GUTIÉRREZ ELORZA, M.; MOLINA, E. (1982 c).- *Memoria del Mapa Geológico de España a*

- E. 1:50.000. nº 130 (Vegas del Condado). 2ª Serie-MAGNA. IGME. 60 pp.
- MARTÍN-SERRANO, A. (1988 a).- *El relieve de la región occidental zamorana. La evolución geomorfológica de un borde del Macizo Hespérico*. Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo. CSIC-Diputación de Zamora. 306 pp.
- MARTÍN-SERRANO, A. (1988 b).- Sobre la posición de la raña en el contexto morfodinámico de la Meseta. Planteamientos antiguos y tendencias actuales. *Bol. Geol. Min.*, XCIX-VI, 855-870.
- MARTÍN-SERRANO, A. (1991).- La definición y el encajamiento de la red fluvial actual sobre el Macizo Hespérico en el marco de su geodinámica Alpina. *Rev. Soc. Geol. España*, 4, (3-4), 337-351 pp.
- MARTÍN-SERRANO, A. (1994).- Macizo Hespérico Septentrional. *Geomorfología de España*. Ed. Rueda. 25-62 pp.
- MOLINA y PÉREZ-GONZÁLEZ (1989). Depresión del Duero. En: *Mapa del Cuaternario de España*. ITGE. 156-161.
- NAVARRO, A.; FERNÁNDEZ, A. y DOBLAS, J. G. (1989).- Las aguas subterráneas en España. Estudio de síntesis, Tomo I: Memoria, 591 p., Tomo II: Cartografía.
- NOSSIN, J.J. (1960).- Geomorphological aspects of the Pisuerga drainage area in the Cantabrian Mountains (Spain). *Leidse Geol. Meded.*, 24, 283-406.
- NOZAL, F. (1994).- Cuaternario y Geomorfología. En: *Mapa Geológico de la Provincia de León*. E. 1: 200.000. ITGE-Diputación Provincial de León. 79-90.
- NOZAL, F. (en prep.). *Nuevos datos para la correlación N-S en el sector Septentrional de la Cuenca del Duero. Transversal Guardo-Palencia y áreas adyacentes*.
- NOZAL, F. y ESPINA, R.G. (1994).- Evolución morfológica del Esla: Un ejemplo de captura. *Resúmenes. XVI Reunión de Xeología e Minería de NO Peninsular. Lab. Xeológico de Laxe*. 23-26.
- NOZAL, F.; HEREDIA, N. y SUÁREZ RODRÍGUEZ, A. (in litt.).- Memoria y Mapa Geológico de España a E. 1:50.000 nº 163, (Almanza). 2ª Serie-MAGNA. ITGE.
- NOZAL, F.; ESPINA, R.G. y SUÁREZ RODRÍGUEZ, A. (in litt.).- Memoria y Mapa Geológico de España a E. 1:50.000 nº 196, (Sahagún). 2ª Serie-MAGNA. ITGE.
- NOZAL, F.; ESPINA, R.G. y SUÁREZ RODRÍGUEZ, A. y (in litt.).- Mapa Geomorfológico en: Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 Nº 162 (Gradefes). Segunda Serie MAGNA. ITGE. Madrid.
- OLIVÉ DAVO, A.; PORTERO GARCÍA, J.M.; DEL OLMO ZAMORA, P.; ARAGONÉS VALLS, E.; CARRERAS SUÁREZ, F; MOLINA, E. y GUTIÉRREZ ELORZA. (1982).- El Sistema de terrazas del Río Carrión. En: I Reunión sobre La Geología de La Cuenca del Duero . Salamanca. *Temas Geol. Min. IGME*, 6, 451-463.
- PÉREZ-GONZÁLEZ, A. (1989).- Submeseta Meridional. En: *Territorio y Sociedad en España, I. Geografía física.*, (Coord. V. Bielza). 176-187.
- PÉREZ-GONZÁLEZ, A.; MARTÍN-SERRANO, A. y POL MÉNDEZ, C. (1994).- Depresión del Duero. En: *Geomorfología de España*. Ed. Rueda. 351-388.
- PLANS, P. (1970).- *La Tierra de Campos*. Inst. Geogr. Apl. "Alonso de Herrera" CSIC, 289 pp.
- PORTERO, J.M.; DEL OLMO, P. y OLIVÉ, A. (1983).- El Neógeno de la transversal Norte-sur de la Cuenca del Duero. En: *Libro Jubilar J.M. Ríos. Geología de España*. T. II. IGME, 492-502.
- PORTERO, J.M.; DEL OLMO, P.; RAMÍREZ, J. y VARGAS, I. (1982).- Síntesis del Terciario continental de la Cuenca del Duero. *Temas Geol. Min. I.G.M.E.*, 6, 11-37.
- PULGAR, J.A. y ALONSO, J.L. (1993).- La estructura alpina de la Cordillera Cantábrica.

- Resúmenes. XV Reunión de Xeología e Minería do NO penisular. Lab. Xeol. de Laxe*, 68-69.
- REDONDO LÓPEZ, T; GALLASTEGUI, J y PULGAR, J.A. (1995).- Estudio de la Geología del Subsuelo en el NW de la Cuenca del Duero (Provincia de León). Informe Complementario. Fondo Documental del ITGE (Inédito).
- ROYO GOMEZ, J. (1929).- Descubrimientos de restos de Mastodontes en las cercanías de León. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*. T.30, 395-396.
- SUÁREZ RODRÍGUEZ, A.; BARBA, P.; HEREDIA, N.; RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, L. R.; FERNÁNDEZ L.P. y HERRERO, A. (1994).- *Mapa Geológico de la Provincia de León E.1:200.000*. ITGE-Diputación Provincial de León.
- SUÁREZ RODRÍGUEZ, A.; HEREDIA, N y NOZAL, F.; (in litt.).- Memoria y *Mapa Geológico de España* a E. 1:50.000 nº 161, (León).2ª Serie-MAGNA. ITGE.
- TORRENT, J. (1976).- Soil development in a sequence of thr river terraces in Northern Spain. *Catena*, 3, 137-151 pp.