

20196



Instituto Geológico  
y Minero de España

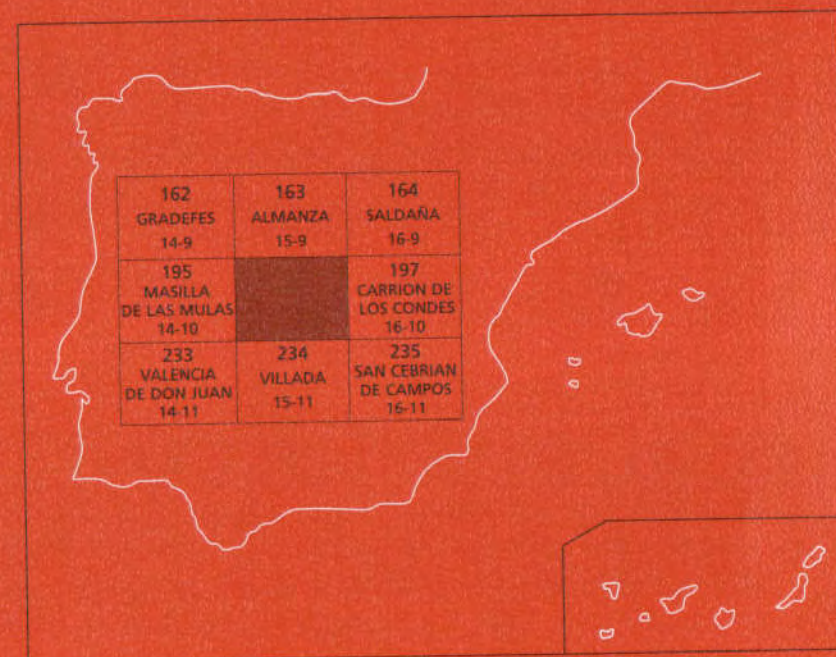
196

15-10

# MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición



# SAHAGÚN

ISBN 84-7840-568-2



9 788478 405688



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN  
Y CIENCIA

# MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

ESCALA 1:50.000

196 (15-10)

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

## SAHAGUN

© INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M. 53664-2004

ISBN: 84-7840-566-2

NIPO: 405-04-013-03

Impresión: Trebol Propuesta Gráfica

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de la Hoja de SAHAGUN han sido realizados por el Area de Cartografía Geológica de la Dirección de Geología y Geofísica del IGME, habiendo intervenido en su realización los siguientes autores:

### **Mapa y Cortes Geológicos:**

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

### **Mapa y Cortes Geomorfológicos:**

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

### **Memoria:**

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

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

Columnas Estratigráficas y Sedimentología de campo : A. Herrero (ITGE)

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 Fernandez y N. Heredia. (IGME)

\*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> .....	9
2.1.- ANTECEDENTES.....	9
-Complejo de Vegaquemada.....	11
-Sistemas de Abanicos Poligénicos.....	11
-Sistemas de Abanicos Silíceos.....	12
-Facies Tierra de Campos.....	12
-Facies de La Serna.....	12
2.2.- Terciario. Neógeno.....	14
2.2.1.- Arenas y limos con concreciones carbonatadas; conglomerados polimícticos y niveles de calcretas. "Unidad Polimíctica". (Mioceno: Aragoniense-Vallesiense inf.) (1).....	14
-Interpretación sedimentológica.....	20
-Edad.....	21
-Correlación.....	22
2.2.2.- Conglomerados silíceos, arenas y limos. "Unidad Silícea" (Mioceno sup.) (2).....	22
-Interpretación sedimentológica.....	23
-Edad.....	23
-Correlación.....	24
2.3.- CUATERNARIO.....	24
2.3.1.- Gravas silíceas, arenas y limos. Terrazas (3, 4 y 5) (Pleistoceno-Holoceno).....	24
2.3.2.- Gravas, arenas y limos. Glacis (6, 7). (Pleistoceno-Holoceno).....	26
2.3.3.- Gravas y arenas. Lecho actual, Fondos de valle (8). (Holoceno).....	26
2.3.4.- Gravas silíceas y limos. Llanura de inundación (9). (Holoceno).....	26
2.3.5.- Cantos, limos y arenas. Abanicos y conos aluviales (10) (Pleistoceno-Holoceno).....	27
2.3.6.- Arenas con cantos. Coluviones (11). (Holoceno).....	27
2.3.7.- limos y arcillas. Lacustre (12). (Pleistoceno-Holoceno).....	27
2.4.- ESTUDIO DE DIAGRAFÍAS.....	29

<b>3.- TECTÓNICA</b>	32
3.1.- TECTÓNICA ALPINA	32
3.2.- TECTÓNICA-SEDIMENTACIÓN ALPINA EN EL BORDE SEPTENTRIONAL DE LA C. DEL DUERO	33
3.3.- GEOLOGÍA DEL SUBSUELO	36
<b>4. - GEOMORFOLOGÍA</b>	44
4.1.- DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA	44
4.2.- ANTECEDENTES	47
4.3.- ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO	47
4.3.1.- Estudio morfoestructural	47
4.3.2.- Estudio del modelado y Formaciones superficiales	49
- Formas fluviales	51
- Formas poligénicas	54
- Formas de laderas	54
- Formas estructurales	55
- Formas lacustres	55
- Formas antrópicas	56
4.3.3.- Evolución dinámica	56
4.3.4.- Morfología actual-subactual y tendencias futuras	56
<b>5.- HISTORIA GEOLÓGICA</b>	57
<b>6.- GEOLOGÍA ECONÓMICA</b>	58
6.1.- RECURSOS MINERALES. ROCAS INDUSTRIALES	58
-Aridos naturales	58
-Zahorras	59
-Limos arcillosos	59
-Arenas	59
-Piedra de cantería	59
6.2.- HIDROGEOLOGÍA	59
-Acuíferos superficiales	59
-Acuíferos profundos	61
<b>7.BIBLIOGRAFÍA</b>	65



## 1.INTRODUCCIÓN

La Hoja de Sahagún, nº 196 (15-10), pertenece administrativamente a la Comunidad autónoma de Castilla y León, situándose al SE de la provincia de León, con un pequeño sector (1/5 aprox.), al E de la Hoja, perteneciente a la provincia de Palencia.

Desde el punto de vista fisiográfico se enmarca en la submeseta superior o meseta de Castilla la Vieja, quedando encuadrada entre los "Altos Páramos Leoneses" y la comarca natural denominada "Tierra de Campos".

El núcleo de población más importante es la histórica Villa de Sahagún, localizada en el centro-Sur de la Hoja; le siguen en importancia: Gordaliza del Pino, Calzada del Coto, Cea y Bercianos del Real Camino. El resto de las localidades, ya menos importantes, aparecen distribuidas irregularmente por la superficie de la Hoja.

El relieve es en general bastante suave, y la altitud moderada con respecto al contexto meseteño, oscilando entre los 970 m y 795 m aprox. de cota más baja, marcada por el curso del Cea en el borde meridional de la Hoja. En conjunto, el paisaje de la Hoja aparece dominado por formas de relieve plano escalonado, que se corresponden con los distintos sistemas de terrazas existentes en la misma. El desnivel máximo es de unos 150 m aprox. situándose entre la esquina NE y el punto más bajo del curso del Cea.

El principal curso fluvial corresponde al río Cea, afluente del Esla, que cruza la Hoja submeridionalmente y hacia su centro. En segundo lugar, al E del Cea y con una dirección aproximadamente paralela a este, discurren los ríos Valderaduey y Sequillo; de la red secundaria destacan los arroyos de Los Templarios y de La Cueva.

Desde el punto de vista geológico la Hoja se ubica en la parte central del sector septentrional de la Cuenca o Depresión del Duero (Fig.1.1), en una posición relativamente cercana al borde de dicha cuenca, en su límite con la Cordillera Cantábrica. La importante elevación y el carácter de borde tectónicamente activo del límite sur de dicha Cordillera, con fracturas de gran salto que condicionan subsidencias importantes en la depresión terciaria adyacente, permiten considerarla como una cuenca de antepaís.

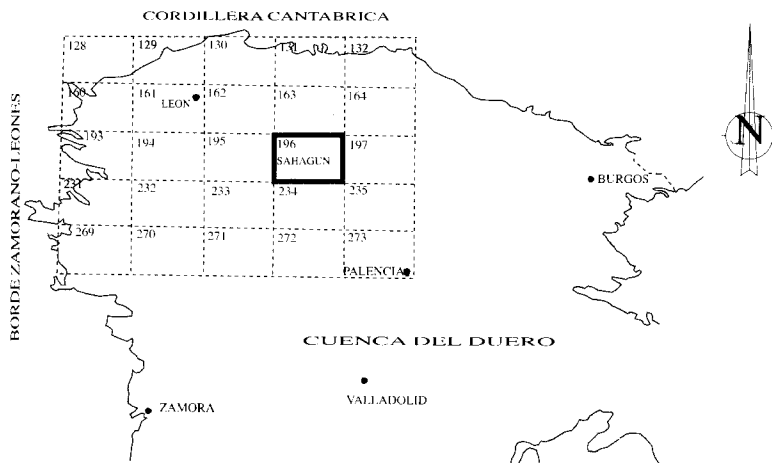


Fig. 1.1.- Esquema de situación de la Hoja N°196 (Sahagún) en el ámbito del sector Septentrional de la Cuenca del Duero.



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, de diferente desarrollo y composición. Estos abanicos se solapan y superponen en un lapso de tiempo comprendido, entre el Paleógeno inferior y el Pleistoceno inferior (COLMENERO et. al. 1982, GARCÍA RAMOS et. al. 1982 a); MANJÓN et. al. 1982 a) y b). El proceso de sedimentación, y por tanto de relleno, no es continuo, si no que presenta interrupciones de carácter estratigráfico y discordancias sintectónicas, consecuencia de la actividad diastrófica del borde activo.

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

Las primeras referencias a esta zona se deben a HERNANDEZ SAMPELAYO, LACASA y COMBA, que realizan el Mapa Geológico y Memoria explicativa de esta misma Hoja de Sahagún en 1929, posteriormente (1933-34) el primero de los autores realiza también las Hojas geológicas de Gradefes 162 y de Villamizar 163 (Almanza), situadas al N y NO de la de Sahagún. CIRY(1939), HERNANDEZ PACHECO (1915-1957) y MABESOONE (1959), realizan también observaciones en esta región. Con posterioridad tienen lugar los trabajos cartográficos de AEROSERVICE (1967), la Síntesis de la cartografía existente del IGME (1970) correspondiente a la Hoja escala 1:200.000 de León, y la tesis de JONG (1971). Del 1979 a 1982 se realizan las cartografías MAGNA de las Hojas adyacentes de Saldaña, 164 (ARAGONES, 1982), Carrión de los Condes, 197 (CARRERAS y OLIVE, 1982 a) y San Cebrián de Campos, 235 (CARRERAS y OLIVE 1982 b), la síntesis y correlación de PORTERO et.al. (1982 y 1983) realizada a partir del MAGNA, constituyen las aportaciones más notables para el conocimiento de la zona. Más recientemente, el trabajo sobre la estructura alpina del borde sur de la Cordillera Cantábrica y de los depósitos terciarios adyacentes de ALONSO et. al. (1995), la síntesis 1:200.000 de la Provincia de León (SUAREZ RODRIGUEZ et. al. 1994), que incorpora datos de los MAGNAS en realización, y 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. ESTRATIGRAFÍA**

### **2.1 ANTECEDENTES**

Desde el punto de vista estratigráfico, la Hoja de Sahagún se caracteriza 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 corresponden al relleno continental de una la depresión, y por otro, los asignados tradicionalmente al Cuaternario, se asocian al proceso de erosión y vaciado de dicha cuenca, teniendo carácter de recubrimiento.

El establecimiento de la estratigrafía del Neógeno para el sector septentrional de la Cuenca del Duero, se inicia con los trabajos de HERNANDEZ PACHECO (1915), CIRY (op. cit.) y ROYO GOMEZ (1926), quedando establecida plenamente con MABESOONE (op. cit.) 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 litoestratigráficas y los sistemas deposicionales que

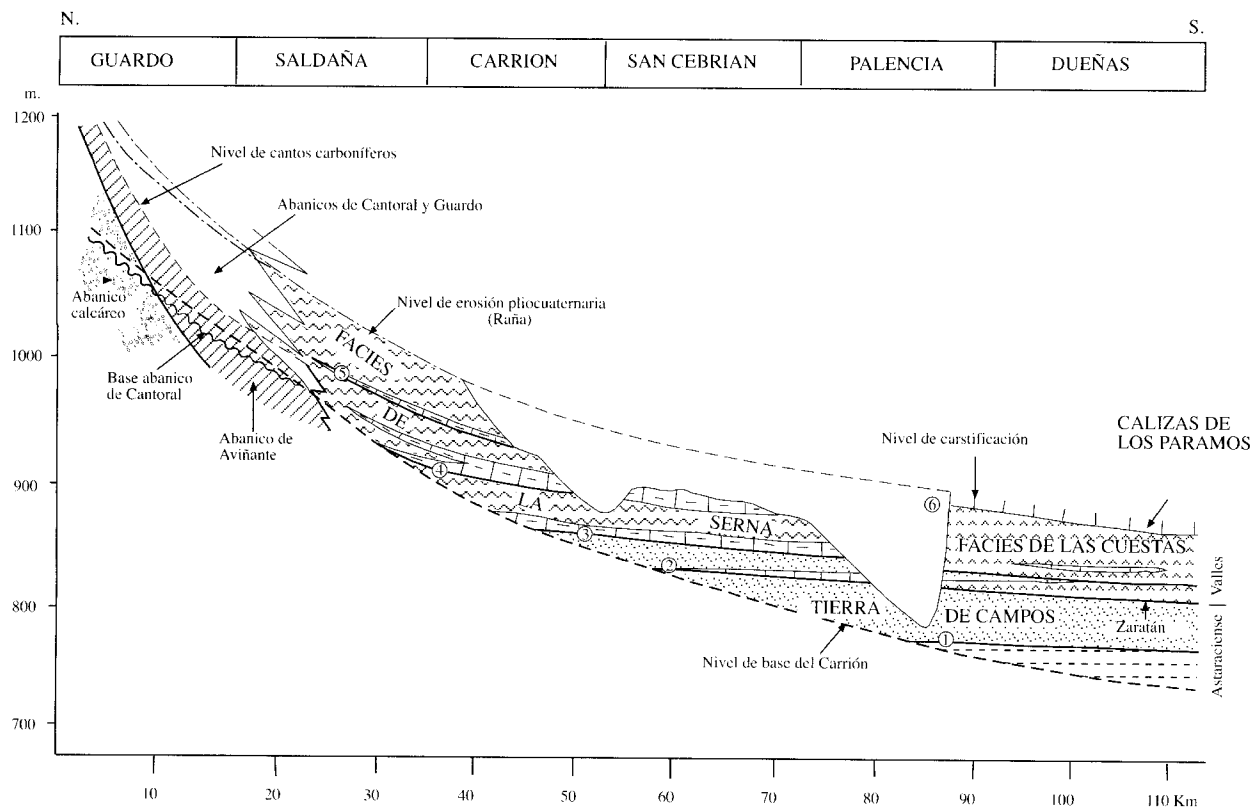


Fig. 2.1.- Estratigrafía del Neógeno del sector septentrional de la Cuenca del Duero en una transversal N-S. Tomada de Portero et.al. (1983).

las han originado. La correlación de las mismas a nivel de cuenca, en sentido Norte-Sur, se lleva a cabo por PORTERO et. al. (1983), tomando como referencia dichos trabajos (Fig.2.1).

COLMENERO et.al. (1982 a) y MANJON et. al (1982 b), establecen la serie estratigráfica general del terciario para la región del borde norte de la Cuenca del Duero, resultante de la sedimentación de sucesivos sistemas de abanicos aluviales, instalados en posiciones diferentes y con desarrollos distintos. Los sistemas de abanicos se separaron utilizando nombres de localidades situadas comunmente en su zona apical. El Terciario de esta región estaría integrado por un conjunto de Unidades y facies, descritas en los trabajos anteriormente citados y a las que se hará referencia a lo largo de este capítulo, haciéndose a continuación una breve descripción de las mismas:

### Complejo de Vegaquemada

Sus afloramientos se sitúan unicamente en el borde de la cuenca, inmediatamente al Sur de los relieves paleozoicos. Su espesor es muy irregular alcanzándose el máximo (1.350 m.) en el sector de Vegaquemada-Las Arrimadas. Corresponde a las antiguas denominaciones de "Gres de los Bodes" de CIRY (1939) o formación Vegaquemada de EVERS (1967).

Presenta dos tramos sedimentológicamente muy distintos, el Inferior, que puede desarrollarse en continuidad con los últimos tramos cretácicos, o bien separado por una ligera discordancia angular sobre los mismos, representa las "facies Garumnienses", constituidas por una alternancia de calizas, areniscas y lutitas.

El Superior, con base siempre discordante, tiene una continuidad y potencia mucho mayor; está constituido por una laternacia cíclica de secuencias granodecrecientes de conglomerados polimícticos, areniscas, limolitas arenosas, lutitas y en algún caso, calizas micríticas y margas.

CIRY (op. cit.) dató a este complejo de Vegaquemada como Eoceno Superior y EVERS (op. cit.) como Paleógeno, siendo aceptada esta última edad por COLMENERO et. al. (1982 a) y MANJON et. al. (1982 b).

### Sistemas de Abanicos Poligénicos

Se corresponden con los Abanicos aluviales de mayor potencia y expansión denominados: Candanedo, Modino y Puente Almuhey, con zonas distales coalescentes.

El carácter fundamental que los agrupa es el estar constituidos por clastos poligénicos de procedencia mesozoica y paleozoica, en los que la proporción entre clastos carbonatados y silíceos varía bastante de un abanico a otro, y aún dentro, del mismo abanico.

Los afloramientos más septentrionales presentan cierta deformación tectónica, ya que se hallan bastante inclinados y formando discordancias progresivas.

El conjunto, consta de coladas conglomeráticas superpuestas (zonas proximales) y cementadas, que se van individualizando gradualmente hacia el Sur en capas (simples o complejas) de bastante continuidad lateral, que alternan con fangos arenosos rojizo-anaranjados y amarillentos.

Más al Sur, el predominio corresponde a los fangos, puesto que las capas conglomeráticas disminuyen en espesor e importancia, especialmente hacia los tramos superiores de los Abanicos.

En cabecera, el porcentaje de clastos carbonatados y conglomeráticos es relativamente alto, mientras que en los términos más superiores y/o más alejados del ápice, la cantidad de clastos silíceos es muy superior.

Para MABESOONE (op.cit.) y EVERS (op.cit.), representan el Oligoceno, mientras que para COLMENERO y MANJON, buena parte de los mismos pueden ser Neógenos (pre-Mioceno superior).

### Sistemas de Abanicos Silíceos

Cierran el ciclo terciario de esta zona de la Cuenca del Duero, se caracterizan por su disposición discordante sobre todos los sistemas anteriores, estando constituidos por clastos silíceos principalmente areniscosos y cuarcíticos de procedencia paleozoica. Corresponden a los abanicos de Cegoñal, Vidanes, Guardo y Cantoral; MANJON et. al. (1982 a) estudian su génesis y distribución espacial, atribuyéndoles una edad Mioceno superior (Vallesiense).

### Facies Tierra de Campos

Fue definida por HERNANDEZ PACHECO (1915), siendo una de las unidades más características de la Cuenca del Duero. Presenta una gran homogeneidad litológica, que en este sector, se caracteriza por la presencia de lutitas (fangos) ocre con niveles discontinuos de suelos calcimorfos, y pequeños canales formados por arenas y gravillas de intraclastos. Corresponden a sedimentos de llanura aluvial surcada por ríos anastomosados y meandriformes efímeros. Se extienden hacia el sur, hasta la parte central de la Cuenca (Fig. 2.1).

### Facies de la Serna

Equivale a las "Facies de Relea y Carrión" de MABESOONE (1959). Han sido descritas por ARAGONES (1982), CARRERAS y OLIVÉ (1982 a y b), situándolas cartográficamente por encima de las facies Tierra de Campos (Fig. 2.1). Se extienden por la parte central de la provincia de Palencia.

Corresponden a facies detríticas, integradas fundamentalmente por lutitas (fangos) ocre, entre las que se intercalan cuerpos arenosos y a veces calizas palustres. Son frecuentes las edafizaciones, intercalándose a veces suelos calcimorfos. Los canales están formados por arenas y gravillas, con direcciones de aporte hacia el sur y sureste.

En esta Hoja se han cartografiado dos Unidades litoestratigráficas dentro del terciario, que pueden identificarse con bastante facilidad en campo: la Unidad Polimíctica y la Unidad Silícea; basándonos en sus características sedimentológicas, en la composición litológica de los conglomerados.

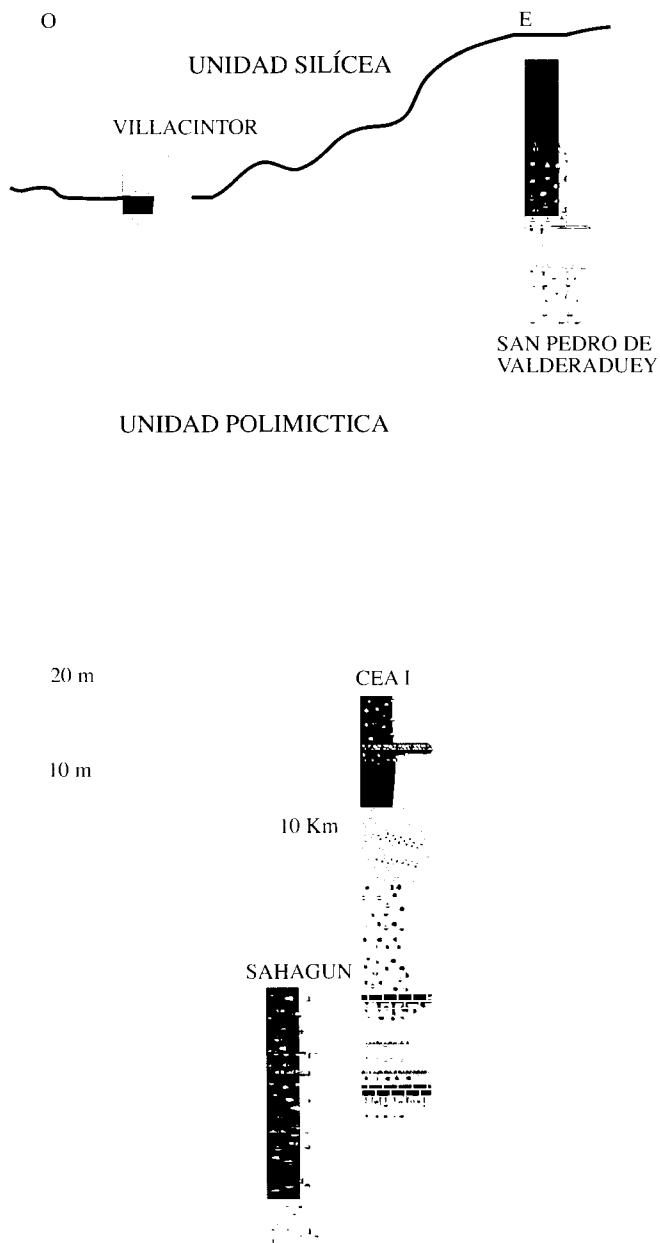


Fig. 2.2.- Esquema de correlación entre varias secciones representativas estudiadas en el ámbito de la Hoja.

## 2.2. Terciario. Neogéno

Corresponden a esta edad, el conjunto de materiales detríticos que constituye el relleno sedimentario de la Cuenca, abarcando edades en esta Hoja comprendidas, entre el Mioceno (Aragoniense-Vallesiense) y el Plioceno. Se diferencian dos ciclos de relleno, correspondientes a sistemas de abanicos aluviales y fluviales.

El primer ciclo tiene una edad Aragoniense-Vallesiense inf.; la naturaleza de los cantos evidencia un área madre mesozoica predominantemente carbonatada, coexistiendo con otra paleozoica, de carácter mixto silíceo/carbonatada.

El segundo ciclo se dispone discordante sobre distintos términos del ciclo anterior. Asignándose al Mioceno superior sin ninguna datación. Es de naturaleza silícea correspondiente a un área fuente paleozoica.

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

Esta Unidad corresponde a los materiales estratigráficamente más bajos existentes en la Hoja, cartográficamente ocupan casi la totalidad del sustrato terciario, aflorando ampliamente sobre todo en la mitad oriental de la Hoja, desde la margen izda. del Cea hasta los escarpes de las altas terrazas del río Carrión. En la mitad occidental (interfluvio Cea-Esla), aparece muy recubierta por el sistema de terrazas del Cea, aflorando en la parte alta del interfluvio y en los escarpes de la red secundaria que inciden a estas.

Los mejores cortes de esta Unidad se pueden realizar en las vertientes más escarpadas de la Hoja, localizándose éstos en la margen izda. del Cea y en las cárcavas desarrolladas sobre las vertientes erosivas de las terrazas del Carrión. En el primer caso, destacan los afloramientos situados en los alrededores de la localidad de Cea y en el talud de la variante de circulación de la N-120 en Sahagún. En el segundo caso, a todo lo largo del escarpe (erosivo) occidental de las terrazas del Carrión: en las cárcavas al este de San Pedro de Valderaduey, en los alrededores de Celada de Cea, en la cabecera del arroyo de Los Templarios y junto al vértice Carrasco (919 m).

En la mitad occidental de la Hoja los escarpes son de menor entidad y están en gran parte regularizados, por lo que los afloramientos son más escasos, y los cortes muy parciales. Destacan los afloramientos de la escarpada margen izda. del arroyo del Oqués, al norte de Villacalabuey, y del arroyo del Romero, entre Banecidas y Sta. M<sup>a</sup> del Monte de Cea, que presentan buenos niveles de calcimorfos.

En todos los cortes, las capas se presentan subhorizontales, con inclinaciones deposicionales hacia el sur prácticamente inapreciables. Los desniveles producidos por la incisión fluvial solo permiten la observación de 50-60 m de serie; y en el caso más favorable correlacionando las columnas de Cea (02) y la de San Pedro de Valderaduey (01), obtendríamos la representación de unos 120 m de serie correspondientes a la parte alta de esta Unidad (Fig.2.2). En las Hojas situadas al norte, en el borde de la Cuenca, al disponerse las capas en abanico, configurando una discordancia sintectónica

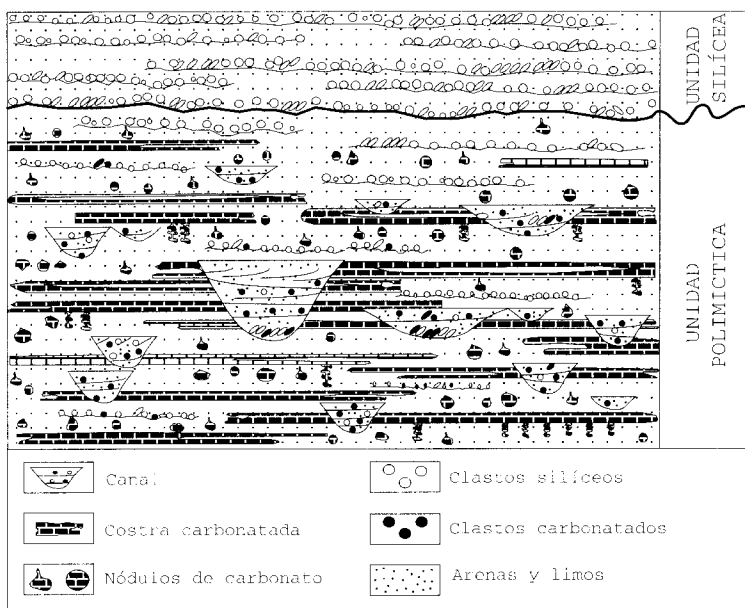


Fig. 2.3.- Modelo esquemático (sección E-O) de distribución de litofacies en las dos Unidades neógenas diferenciadas en la Hoja de Sahagún (196).



(ALONSO et. al. 1995), las potencias aflorantes estimadas superan los 1.000m de espesor.

En el ámbito de la Hoja, las litologías predominantes corresponden a limos y arenas de colores ocres y rojizos, entre los que se intercalan capas más o menos potentes y continuas de conglomerados, y niveles de calcretas de tonos claros (Fig. 2.3), organizados en secuencias granodecrecientes de hasta 15 m de potencia.

Se reconocen tres tipos de facies conglomeráticas; por un lado las más frecuentes y representativas de esta Unidad, corresponden a niveles con canto polimícticos cementados. En segundo lugar aparecen los característicos conglomerados de intraclastos carbonatados de la Tierra de Campos, y por último, conglomerados (silíceos) sin cementación, asociados a arenas rojas.

En el primer caso, los niveles de conglomerados, en general cementados, presentan cierta continuidad de afloramiento, sobre todo en los escarpes al norte de Cea, con potencias que oscilan entre 2 y 8 m y geometrías claramente canalizadas. La composición de los cantos es de carácter polimíctico, con predominio, en esta Hoja, de cuarcitas y areniscas paleozoicas sobre calizas carboníferas y cretácicas; de forma subordinada aparecen también cantos de conglomerados, limolitas, cuarzo y liditas. Los cantos, en todos los casos, presentan grados altos de esfericidad y redondeamiento, habiéndose medido centiles de 7-10 cmØ.

La matriz, en distintas proporciones pero de carácter intersticial (ortoconglomerados), es microconglomerática y arenosa, normalmente mal clasificada, apareciendo habitualmente con intensa cementación de carbonatos.

Estos niveles presentan abundantes imbricaciones de cantos, estratificaciones horizontales difusas, y más frecuentemente estratificaciones cruzadas en surco y planar. Ocasionalmente se intercalan niveles arenosos finos, bien calibrados, sueltos o con cementaciones diferenciales de carbonatos, con estratificación cruzada en surco y superficies de reactivación, con "lags" de gravas cuarcíticas, conformando barras arenosas (Fig.2.4) o canales totalmente rellenos de arenas (al sur de Cea). Gradualmente los conglomerados pasan a arenas y limos.

Las paleocorrientes medidas en estos materiales, muestran direcciones comprendidas entre 160 y 200° (procedencia del NO y del NE).

Los conglomerados de intraclastos carbonatados afloran en varios puntos de la Hoja, los más significativos en el arroyo del Coso, junto a la fuente Vallejo (al norte de Bercianos del Real Camino), también al ENE de Villapeceñil, en el paraje de Valdelacueva y en la variante de Sahagún (columna 06).

Estos conglomerados se presentan en niveles lenticulares de escasa potencia (1,3 m) y cuya extensión lateral es difícil de precisar por lo precario de los afloramientos. Suelen presentar estratificación cruzada en surco, siendo los elementos mayoritariamente clastos calcáreos y limolíticos más o menos rodados (2-4 cmØ), procedentes de la propia Cuenca (glaébulae en limos y caliches), ocasionalmente oncolíticos (SE de Villamol). En menor proporción pueden aparecer también pequeños clastos de cuarzo y cuarcita y fragmentos de dientes y huesos de vertebrados, excepcionalmente de gran tamaño (Valdelacueva). Presentan matriz arenosa y usualmente

cemento calcáreo. Entre estos conglomerados, se intercalan y superponen areniscas de grano fino a muy fino, con delgados nivelillos de intraclastos calcáreos tapizando las superficies de acreción.

Excepcionalmente se han reconocido (al SO de Villamol y al N de Gordaliza) niveles conglomeráticos constituidos por elementos bien redondeados atribuibles a pequeños oncoides (2-4 cm Ø). Estos se forman por el crecimiento concéntrico originado por la sucesiva precipitación de calcita en relación con la acción metabólica de algas filamentosas (cianofíceas) en torno a núcleos de clastos intraformacionales.

Los conglomerados no cementados, con matriz arenosa rojiza, contienen cantos redondeados de arenisca, cuarcita y cuarzo, con centiles no superiores a 8 cmØ; aparece junto a gravas también silíceas y arenas rojas (5 R 4/6 a 10 R 4/6), con geometría claramente canalizada de 1 a 5 m de potencia. Usualmente presenta estratificación cruzada en surco de gran talla, con direcciones de corriente hacia 210° (columna 07). Afloran en las laderas escarpadas (margen izda.) de los arroyos de Parazuelo (Las Monderas) y de Valdecalzada (1 Km al N aprox. del vértice Matas, 879m), y también junto al borde occidental de la Hoja, en el corte artificial del Canal de los Payuelos, al sur del vértice Cuesta del Hoyo, 917m.

En este último corte, aparecen dos canales excavados en limos y arcillas ocre; el de mayores dimensiones, muestra una dirección de 150°, y el menor de 210°.

Las arenas en secuencias de 5 a 7 m de espesor, son de tamaño grueso a fino y colores marrón-rojizos (10 R 3/4-5YR 4/6); suelen ser masivas o con estratificaciones cruzadas en surco de media escala y excepcionalmente cruzada planar. Frecuentemente, presentan cementaciones selectivas de carbonatos, finalizando con encostramientos carbonatados (caliches), más o menos desarrollados.

En las muestras de facies conglomeráticas y de arenas estudiadas, se pueden apreciar dos tendencias composicionales, por un lado algunas litofacies se caracterizan por la abundancia de elementos sedimentarios intracuencales (en algunos casos mayoritarios), principalmente litoclastos procedentes de niveles edafizados (caliches), que posteriormente fueron sometidos a erosión; el redondeamiento de estos clastos es moderado a bueno. Otras facies por el contrario, presentan mayor proporción de elementos silíceos extracuencales, procedentes de las sucesiones siliciclásticas de la Cordillera Cantábrica. En estos casos, el elemento mayoritario es el cuarzo, entre las rocas metamórficas ( $\leq 5\%$ ) predominan las cuarcitas y, en menor medida, las pizarras; las micas en proporciones inferiores al 4%, y los feldespatos en proporciones inferiores al 1%.

La matriz lutítica suele ser muy escasa, hasta el punto de permitir su clasificación como arenitas (matriz inferior al 15%). Prácticamente toda la porosidad está rellena por un cemento granular esparítico de calcita, cuyos cristales suelen aumentar hacia el centro de la cavidad. Las relaciones texturales entre granos y cemento calcítico indican una formación relativamente temprana de este último, posiblemente en relación con aguas freáticas.

Los limos (fangos) son normalmente arcillosos (50-60% menor de 3µ), en general se presentan masivos, identificándose un bandeado métrico de colores ocre (10 YR 6/6-10 YR 5/4) y marrón

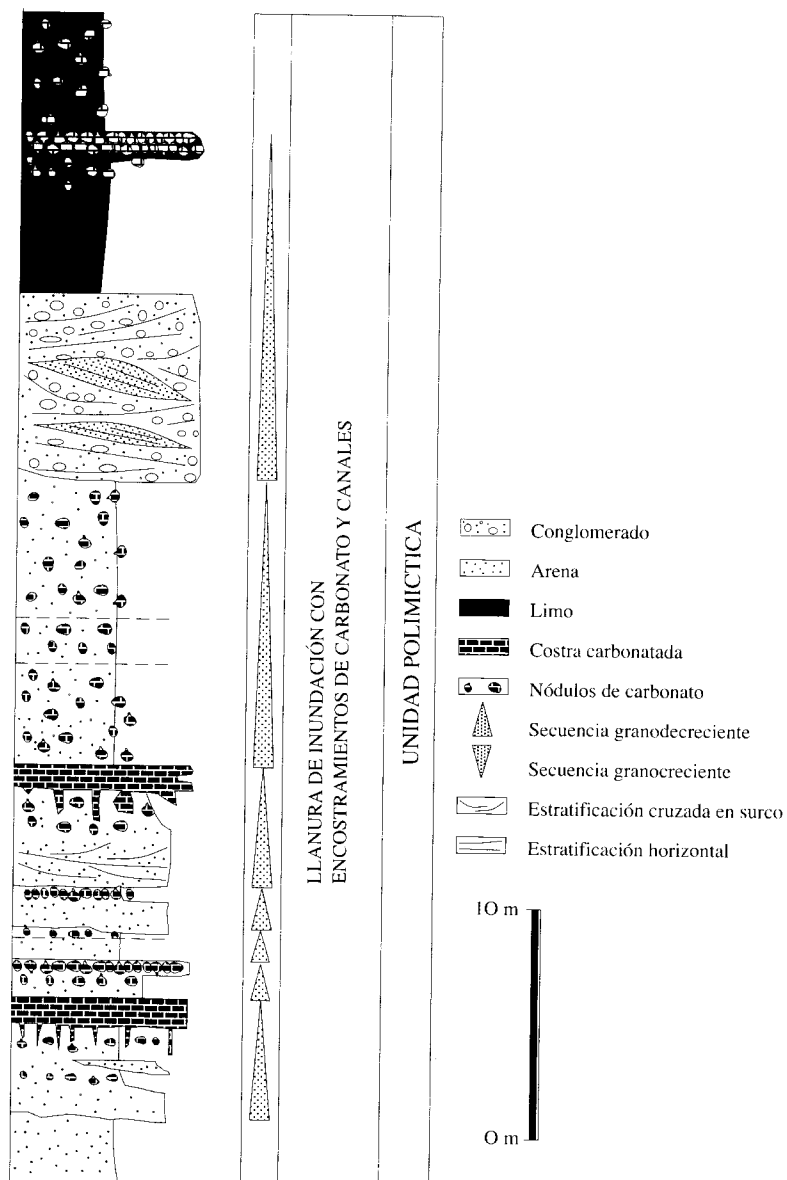


Fig. 2.4.- Columna estratigráfica e interpretación sedimentológica del corte levantado en la localidad de Cea.

rojizos (5 YR 5/6-10 R 4/6), muy patentes en las cárcavas del Cea, al norte de la Ermita de Yecla, y en Valdavida. Ocasionalmente aparecen también niveles gris-verdosos (5Y 5/2).

Estos limos contienen abundantes precipitaciones carbonatadas de distinto origen: septáreas, glábulas y rizolitos así como otros rasgos paleoedáficos como estructuras prismáticas, "slickensides", cutanes y excepcionalmente nodulizaciones ferruginosas; estas últimas están constituidas por nódulos redondeados de color marrón-negruzco, tamaño entre 5mm y 2cm y estructura difusa en capas concéntricas. Todas estas nodulizaciones se han originado a partir de un sustrato, a veces reconocible, de facies lutíticas finas y de arena.

A techo de las secuencias se produce un enriquecimiento progresivo en carbonatos, pasando de términos constituidos por nódulos, hasta horizontes continuos y compactos de calcretas. Los niveles de calcretas o caliches están casi siempre presente en los cortes de esta Unidad, destacando tanto por sus tonos claros (10 YR 8/6-10 YR 6/6) como por sus característicos resaltes y aspecto ruiforme.

El espesor usualmente no supera los 2m, llegando a alcanzar excepcionalmente hasta los 4m. Los niveles de mayor desarrollo, aparecen en el arroyo del Ranero, frente a Sta. Mª del Monte de Cea y al norte de Vanecidas, en los escarpes de los alrededores de Cea, y en el borde oriental de la Hoja, en los escarpes de las terrazas del Carrión por debajo del vértice Carrasco 914m.

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, disminuyendo la proporción de carbonato hacia el sustrato inalterado; es frecuente una cierta estructuración vertical, con rizolitos de longitud decimétrica y de hasta 2cm de diámetro.

Estas calcretas de indiscutible origen edáfico, y por tanto asimilables a paleosuelos (horizontes petrocálcicos Bca), se superponen indistintamente a las litologías descritas anteriormente, transformando completamente sus características litológicas y borrando las estructuras sedimentarias preexistentes.

En lámina delgada, los caliches muestran diversos grados de calcitización, en líneas generales todas las muestras presentan una elevada proporción en carbonato, por encima del 70% de las facies a las que reemplazan. La carbonatación forma un mosaico micrítico continuo en el que se dispersan los terrígenos no destruidos por la epigénesis carbonatada (principalmente granos de cuarzo de tamaño arena muy fina a limo). Localmente pueden aparecer parches del material original previo a la carbonatación, que en gran parte de las muestras corresponden a lutitas arenosas. En este caso, las lutitas presentan rasgos de ordenación edáfica, lo que significa el previo sometimiento de la litofacies original siliciclástica a procesos edáficos y de alteración, desarrollados en medios con baja tasa de sedimentación (llanuras aluviales en sentido amplio).

Los mosaicos de las fábricas calcíticas presentan diversos tamaños cristalinos que muestran una

distribución irregular, de forma que se observan parches micríticos (en torno a  $4\text{ }\mu\text{m}$ ) o microesparíticos (de  $6$  a  $20\text{ }\mu\text{m}$ ), rodeados por mosaicos más gruesos de tipo esparítico, reconociéndose también una diferente distribución de los vestigios siliciclásticos en los distintos mosaicos.

Los análisis mineralógicos de la fracción ligera de los términos arenosos (arenas s.l. y matriz arenosa de los niveles conglomeráticos) indican como componente mayoritario el cuarzo y en menor proporción calcita y feldespatos (plagioclasas y potásicos); como accesorio se presenta la biotita. El cuarzo aparece en fragmentos con diferentes coloraciones, predominando en las muestras estudiadas los de coloración rojiza.

Para la identificación de los minerales pesados y trazas, se han separado los minerales con densidad mayor a  $2,82\text{ gr/cm}^3$  incluidos en la fracción comprendida entre  $2,97$  y  $53\text{ }\mu$ . Los minerales pesados de las muestras estudiadas, extraídas de dicha fracción muestran un elevado contenido en óxidos de Fe con valores entre  $15$ - $20\%$  del total de la muestra; en menor porcentaje se encuentran circón ( $0,9$ - $2,2\%$ ), turmalina ( $0,2$ - $1,9\%$ ) rutilo ( $0,4$ - $0,5\%$ ) y excepcionalmente ilmenita ( $0,5\%$ ).

Las muestras de limos arcillosos y arcillas estudiadas mediante difracción de R-X, muestran una proporción de fracción arcillosa superior al  $50\%$ , constituida principalmente por illita y caolinita, el cuarzo es otro de los minerales mayoritarios, superando el  $40\%$ .

Una muestra de arcilla pardo-verdosa situada a techo de un calcimorfo, ha dado contenidos muy altos de palygorskita, arcilla de neoformación típica de ambientes alcalinos restringidos.

### Interpretación sedimentológica

Las características sedimentológicas principales de los cortes estudiados en esta Unidad, son las de una llanura aluvial de piedemonte, con extenso desarrollo de llanuras aluviales de fangos (facies de desbordamiento), en un contexto de transición entre partes distales de abanicos aluviales no confinados (fig. 2.4) y ambientes de "playas", más o menos salinas, hacia el centro de la Cuenca. 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 op. cit.).

Las facies conglomeráticas están relacionadas con el relleno de canales y con la migración de gravas 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, relacionado con sistemas aluviales procedentes de zonas más septentrionales.

Los niveles de conglomerados de intraclastos carbonatados característicos de la Tierra de Campos y las facies oncoesparíticas, corresponderían a canales de pequeña envergadura, con trazado discontinuo y efímero, que dismantelarian parte de los suelos calcimorfos (caliches) desarrollados. Representan cursos fluviales originados a partir de precipitaciones importantes dentro de la propia Cuenca, por concentración de escorrentía superficial, sobre extensas llanuras aluviales inactivas.

Las facies arenosas asociadas las facies conglomeráticas, representan el relleno de canales con la construcción de dunas y megarripples. Otro tipo de facies arenosas están ligadas a desbordamientos sobre una llanura de inundación sometida a procesos edáficos.

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 de estas facies.

Las facies carbonatadas corresponden fundamentalmente a niveles de claro origen pedogenético (calcretas o caliches), consecuencia de una edafización carbonatada intensa, desarrollada sobre sedimentos localizados mayoritariamente en la llanura aluvial.

Excepcionalmente, en algunos niveles se aprecia la presencia minoritaria de ostrácodos. En estos casos, las facies carbonatadas corresponden a depósitos de precipitación química primaria en encharcamientos someros y efímeros de carácter local que al desecarse, quedarían sometidas a edafización y carbonatación secundaria.

### Edad

Dentro de la Hoja no se han encontrado restos paleontológicos clasificables que permitan una datación precisa de esta Unidad, tan solo fragmentos de huesos (Valdelacueva y San Pedro de Valderaduey) sin estudiar y clasificar por el momento.

HERNANDEZ SAMPELAYO et. al. (1929) en la memoria explicativa de la Hoja de Sahagún, citan y describen fragmentos de huesos (fémur) y molares inferiores y superiores de Mastodón Angustidens, encontrados en la localidad de Sahagún, los cuales le permiten clasificar estos materiales como pertenecientes al Tortoniense (Mioceno superior).

Se puede acotar algo más la edad de esta Unidad con los yacimientos, ya clásicos, descritos por PORTERO et. al. 1982 en zonas próximas (hacia el E y SE), si consideramos su ubicación con respecto a las Unidades aquí diferenciadas (NOZAL en. prep.). Los yacimientos de Relea (Saldaña-164) y de Itero Seco (Carrión de los Condes-197), localizados en la Unidad polimíctica, a unos 70-80m por debajo del contacto con la Unidad silícea, proporcionan una edad Vallesiense inferior (MN 9). Los yacimientos de la localidad de Saldaña (Hoja 164), con problemas de localización, se sitúan también en la Unidad polimíctica, a unos 120-80m por debajo del contacto con la Unidad silícea, indicando una edad Astaraciense superior (MN 8). Otros hallazgos situados al O de la Hoja, corresponden a restos de mastodontes: Villaobispo de las Regueras (León-161) y Mellanzos (Gradefes-162), situados a 100-80m de su techo, indican una edad Astaraciense (MN 7 y 8), al igual que los restos de Mansilla del Páramo (Sta. Mª del Páramo-194).

En consecuencia, a la parte superior de la Unidad Polimíctica, que es la que aflora en Sahagún y en las Hojas referenciadas, se le puede asignar una edad Astaraciense (Aragoniense sup.)-Vallesiense inferior (Zonas MN7a9)

## 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 (MANJON et. al., 1982 b) y COLMENERO et. al., 1982 a). Del mismo modo, esta Unidad equivale a las partes distales de los abanicos de conglomerados polimícticos cuyas capas conforman en el borde una discordancia progresiva (ALONSO et. al., 1995). Hacia el Sur la correlación es también directa con la Facies Tierra de Campos, y hacia el Este, con la Facies de la Serna, por lo que se modifica (NOZAL en. prep.) el esquema estratigráfico de correlación (Fig. 2.1) de PORTERO et. al. (1983)

Esta Unidad es también en parte equivalente a las denominadas "Series Ocreas" de MARTIN-SERRANO (1989), definidas más al Oeste, en el borde Zamorano-Leonés de la Cuenca del Duero y a la Unidad 1 de MEDIAVILLA y DABRIO (1986).

### **2.2.2. Conglomerados silíceos, arenas y limos. "Unidad Silícea". (Mioceno sup.) (2).**

En todo el borde septentrional de la Cuenca del Duero los afloramientos de esta Unidad se sitúan en las zonas altas de los interfluvios de los grandes ríos, donde aún se conserva la morfología del piedemonte fini-neógeno y por tanto, la serie estatigráfica más completa. La disposición de los sedimentos es subhorizontal con pendiente deposicional hacia el sur. Por lo general la Unidad Silícea presenta mala calidad de afloramientos, limitándose los cortes estudiados a la treintena de metros basales, aunque la potencia máxima estimada alcanza los 125m, al Este de la localidad de Almanza (Almanza-163). Se aprecia en esta Unidad una clara disminución de espesor hacia el S, configurando una morfología en cuña.

En esta Hoja la Unidad silícea queda ya, notablemente restringida de forma cartográfica al ángulo NO de la misma, ocupando la parte alta del interfluvio Cea-Esla. Los afloramientos son escasos, estando recubiertos además, por un glacis antiguo construido a expensas de los materiales de esta Unidad, por lo que su diferenciación es problemática y a menudo aleatoria.

Los procesos de erosión y vaciado sufridos en el relleno sedimentario de la Cuenca durante el Cuaternario, hacen que los depósitos correspondientes a esta Unidad queden topográficamente colgados a cotas próximas a los 930m alcanzando los 920-910m en el punto más bajo.

El contacto entre las dos Unidades resulta difícil de observar, ya que las laderas se presentan bastante regularizadas y coluvionadas; únicamente es visible, al igual que el corte "representativo", en una antigua cantera de áridos localizada al NNO de Villacintor (Fig.2.2), próxima al límite superior de la Hoja.

En el borde norte de la Cuenca este límite parece corresponderse con una discordancia angular local, asociada a un dispositivo en "onlap" sobre los depósitos correspondientes a los abanicos poligénicos, llegando a situarse incluso sobre los sedimentos mesozoicos y paleozoicos (ALONSO et. al. 1995; LOPEZ et. al. 1991 a). En esta Hoja aunque el contacto entre las dos Unidades se muestra como paraconforme a nivel de afloramiento, se ha cartografiado como una disconformidad.



En zonas situadas al Este de la Hoja estudiada se identifica también esta discordancia, reconociéndose como una marcada discontinuidad de tipo secuencial (LOPEZ et. al. 1991b) en la sucesión neógena.

Desde el punto de vista litológico, esta Unidad se caracteriza por la presencia de elementos clásticos exclusivamente silíceos: cuarcitas, areniscas y cuarzo. Se diferencia además de la Unidad Polimíctica infrayacente, por la ausencia de calcimorfos y de cementaciones carbonatadas (Fig. 2.3).

La serie de Villacintor (05), presenta en la base arenas finas y limos ocre de la Unidad Polimíctica; sobre ellas y mediante un contacto erosivo (canalizado) a nivel de afloramiento (Fig.2.2), se dispone un paquete de unos 5 m, constituido por conglomerados clastosoportados, de cantos silíceos bien redondeados con centil de 7 cm; son frecuentes en la base de los canales, los cantos blandos de mayor tamaño, arrancados de los limos ocre subyacentes. La matriz es arenosa y microconglomerática rojiza, muy mal clasificada. Ocasionalmente aparecen pátinas y cementaciones de óxidos de hierro y manganeso en la base.

Internamente los conglomerados presentan granoclasificación e imbricación de cantos, estratificaciones cruzadas en surco con amplitudes de 10-15 m y altura de 2-3 m, con sets de láminas entre 30-5 cm, entre los que se intercalan lentejones de arenas con laminación. Las paleocorrientes, medidas se sitúan entre 230° y 270° indicando flujos hacia el SO. En general parece apreciarse en esta Unidad que las canalizaciones tienen mayor amplitud y menor profundidad que las de la Unidad inferior, por lo que los bancos conglomeráticos forman láminas de gran extensión lateral.

Los análisis de R-X efectuados en la matriz de los conglomerados, y en los niveles arenosos, muestran como mineral principal el cuarzo (58%), y un contenido de arcillas alto.

### Interpretación sedimentológica

Esta Unidad corresponde a las facies distales de los abanicos aluviales silíceos enraizados en los bordes de la Cordillera Cantábrica; los conglomerados y gravas cuarcíticas representa depósitos fluviales canalizados de baja sinuosidad tipo "braided".

Las facies de gravas se interpretan en relación con el relleno de canales por migración de barras de gravas de cresta sinuosa.

Las facies de arenas representan la construcción de formas menores, dunas y megaripples, dentro de los canales.

En esta Hoja se desarrollan corrientes fluviales de baja sinuosidad, con importante carga de fondo. Los canales tienen una relación anchura/profundidad alta, presentando barras de gravas de cresta sinuosa. Estos canales tendrían una migración activa, que imposibilita una acumulación importante de sedimentos finos de llanura de inundación.

### Edad

Por el momento no existen referencias ni se ha encontrado ningún resto fósil en esta Unidad. De

acuerdo con observaciones propias, en áreas situadas al este (NOZAL en. prep.), los abanicos silíceos se disponen por encima de los yacimientos de Saldaña, Relea e Itero Seco, por lo que la edad de esta Unidad debe ser Mioceno superior, por encima de MN-9, que es la edad más alta determinada para los depósitos polimícticos. Por tanto puede asignarse una edad Vallesiense superior-Turoliese?

### Correlación

Esta Unidad se correlaciona cartográficamente de forma directa con los abanicos siliciclásticos de MANJON et. al. (1982 a) que en esta Hoja corresponderían a las facies distales de los abanicos de Vidanes, Cegoñal silíceo, Guardo y Cantoral. De igual modo, se corresponde por tanto, con las facies distales de los últimos episodios de relleno, o abanicos silíceos "onlapantes" (postec-tónicos), descritos por ALONSO et. al. (1994 y 1995).

### 2.3. CUATERNARIO

De forma convencional se considera, que en el paso del Plioceno al Pleistoceno, tiene lugar el proceso de cambio del régimen endorreico a exorreico de 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 MARTIN-SERRANO (1988 a y 1991), -no es posible pensar en un paisaje finieógeno sincrónico, puesto que la progresión de la red fluvial no puede alcanzar todos los lugares al mismo tiempo-. La aplicación de esta hipótesis, explica el diferente grado de disec-ción de las distintas cuencas terciarias que habrían sido capturadas en distintas épocas, determi-nado 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 convencional-mente como Cuaternario, todo sedimento que se relaciona directa o indirectamente con la red fluvial actual.

En la Hoja de Sahagún, por su extensión y significado morfogenético, los depósitos cuaternario de origen estrictamente fluvial son los más importantes. La mayor representación corresponde a las terrazas de los ríos Cea, Carrión y Valderaduey, que en el proceso de erosión, dejan sucesivos niveles encajados en las vertientes orientales 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 vertien-tes y consisten en distintas generaciones de glaciares y coluviones.

#### **2.3.1. Gravas silíceas; arenas y limos. Terrazas (3, 4 y 5). Pleistoceno-Holoceno.**

Aparecen representados tres sistemas distintos de terrazas, dispuestos con tendencia submeri-diana, y que de O a E pertenecen a los ríos, Cea, Valderaduey y Carrión; habiéndose agrupado en terrazas altas, medias y bajas.

Las terrazas topográficamente más altas, aparecen en el borde oriental y pertenecen al río Carrión, que discurre más al este por la adyacente Hoja de Carrión de los Condes. Este río presenta un valle marcadamente asimétrico, con todas las terrazas en la margen derecha, diferenciándose hasta 17 niveles (OLIVE et. al. 1982).

El valle del Cea divide prácticamente la Hoja en dos mitades, desarrollando en este tramo de río toda una serie de amplias terrazas escalonadas en la margen derecha.

El Valderaduey, es el menos importante de los sistemas, ya que se trata de un río cuya cabecera se sitúa en la propia Cuenca, y pese a su escaso caudal, constituye un elemento de drenaje significativo en el conjunto del sector septentrional de la Cuenca. Presenta un discreto sistema de terrazas escalonadas, dispuestas también en su margen occidental.

Las cargas transportadas por los dos sistemas fluviales principales son generalmente gruesas, con alto porcentaje (60-70%) de cantos y gravas con características litológicas bastante comunes: alto contenido en cantos de cuarcitas y en menor proporción, de areniscas y cuarzo como elementos mayoritarios. Los tamaños de canto oscilan entre 4 y 25cm de diámetro; correspondiendo los mayores centiles a las terrazas del Carrión; la matriz es arenosa amarillenta y mayoritariamente silícea.

Sobre las terrazas altas han tenido lugar procesos de alteración que predominantemente han consistido en rubefacción, acompañada de illuviación de arcillas, rasgos de hidromorfismo y cantos decolorados; desarrollándose 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 3m.

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, de manera simplificada en altas, medias y bajas. Esta división no implica una cronología bien definida, por ausencia de dataciones, aunque sí expresa una cierta relación temporal (AGUIRRE 1989, MOLINA y PEREZ GONZALEZ, 1989); atribuyéndose (según el esquema general de la C. del Duero) los depósitos más altos, al Pleistoceno inferior, y los más bajos, al Pleistoceno superior y Holoceno.

El río Carrión tiene representadas solo en esta Hoja, parte de su sistema de terrazas y concretamente a tres de sus terrazas altas, situadas entre +90 y +75m.

En el Cea, con todo su conjunto de terrazas presente, se han diferenciado 13 niveles, algunos complejos. Las terrazas altas aparecen entre +90-60m, las medias entre +55-30m y las bajas entre +25-10m. El Valderaduey que es un curso menos importante y más joven que los anteriores, presenta un conjunto de pequeños replanos alargados y desconectados entre sí, correspondientes a las terrazas medias entre +50-30m. Las terrazas bajas, en general algo más continuas, se sitúan entre +25-5m.

### **2.3.2. Gravas, arenas y limos. Glacis (6,7). Pleistoceno-Holoceno.**

Se han diferenciado dos tipos de glacis con distinta posición morfológica. El más antiguo se sitúa en la zona de interfluvio Cea-Esla. Presenta una pendiente hacia el sur, arrancando (en la Hoja de Almanza 163) de cotas próximas a los 980m, claramente por debajo de la Raña de Quintana del Monte (990m). Aparece dentro de esta Hoja sobre la Unidad Silíceea, desarrollándose entre las cotas de 938m (Raposeras) y los 917m (Cuesta del Hoyo), correspondiente al replano más bajo preservado. Queda este glacis antiguo por tanto, colgado con respecto a las terrazas más altas del Cea.

El otro tipo de glacis se emplaza en zonas de vertiente, constituyendo formas de enlace. En unos casos, enlaza los glacis más antiguos y las terrazas altas del Esla (esquina NO de la Hoja) o del Cea, en otros casos enlazan terrazas, o terrazas y fondos de valle.

Con una potencia variable, que en general no supera el metro, presentan una litología similar a la de las terrazas pero con 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. Gravas y arenas. Lecho actual, fondos de valle. (8). Holoceno.**

Son depósitos fluviales actuales y subactuales, habiéndose diferenciado de los de llanura de inundación únicamente por su funcionalidad; y en algunos casos, por cierto orden jerárquico.

Así 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).

Como lecho actual, se consideran los depósitos pura y estrictamente fluviales asociados a los cursos permanentes, en este caso los asociados al Cea, en el que son frecuentes los meandros, y cauces abandonados con depósitos formados por barras de grava y arenas.

El lecho actual, se encuentra ligeramente encajado (1-2m) sobre la llanura de inundación, siendo totalmente funcional este sector del cauce durante la estación más lluviosa, quedando notablemente restringida (canal de estiaje), en las épocas de menor escorrentía.

### **2.3.4. Gravas silíceas y limos. Llanura de inundación (9). Holoceno.**

Corresponden a este apartado los depósitos fluviales recientes, relacionados directamente con la red actual. Los más significativos son los que constituyen la vega del Cea, con anchuras de hasta 2 Km.

Los depósitos 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 (0,5-1m en San Pedro de Dueñas), sobre los que se desarrollan los característicos y fértiles suelos

pardos de vega (Entisoles).

Debido a la regulación mediante presas de los caudales de los principales ríos en sus zonas de cabecera, 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.

### **2.3.5. Cantos, limos y arenas. Abanicos y conos aluviales. (10)**

Responden estos depósitos a una misma génesis, diferenciándose tan solo en la morfología que presentan. Los conos de deyección son de dimensiones más pequeñas y tienen generalmente una mayor pendiente; aparecen localizados preferentemente en la salida de pequeños barrancos que desembocan en un valle de fondo plano de orden superior. Algunos ejemplos aparecen en los arroyos de la Cueva y de Fuente Arriba (parte oriental de la Hoja) y junto al Cea.

Los abanicos aluviales, más amplios y aplanados que los conos, se desarrollan sobre las llanuras de inundación y las terrazas bajas, sobre las que progradan. Los más significativos aparecen sobre las terrazas y vega del Cea; siendo el de mayores dimensiones el localizado en la desembocadura de su afluente más importante, el arroyo de Parazuelo (o del Reguero).

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

Se les asigna una edad holocena, aunque los que están sobre las terrazas medias del Cea, pudieran ser algo más antiguos (Pleistoceno superior).

### **2.3.6. Arenas con cantos. Coluviones. (11). Holoceno.**

Este tipo de depósitos es muy frecuente en toda la Hoja, tapizando las laderas y escarpes regularizados existentes entre las terrazas. Constituyen bandas alargadas paralelas a las mismas, habiéndose representado, solo algunos depósitos más significativos, con el fin de no ocultar cartográficamente el sustrato terciario que recubren.

Están constituidos por elementos litológicos derivados tanto del terciario como de las terrazas; se trata por tanto, de gravas cuarcíticas, diseminadas en abundante matriz limo-arcillosa, cuyo espesor no suele sobrepasar el metro.

### **2.3.7. Limos y arcillas. Lacustre (12). Holoceno.**

Estos materiales aparecen asociados a dos lagunas de dimensiones hectométricas localizadas en el ángulo SO de la Hoja, sobre las terrazas medias del Cea.

La Laguna Grande al SE de Bercianos del Real Camino es la única funcional hoy día; se trata de un encharcamiento de poca profundidad (2-3m aprox.) de funcionamiento estacional, quedando bastante mermada durante el estiaje. Su origen parece relacionarse con un drenaje deficiente de la zona.

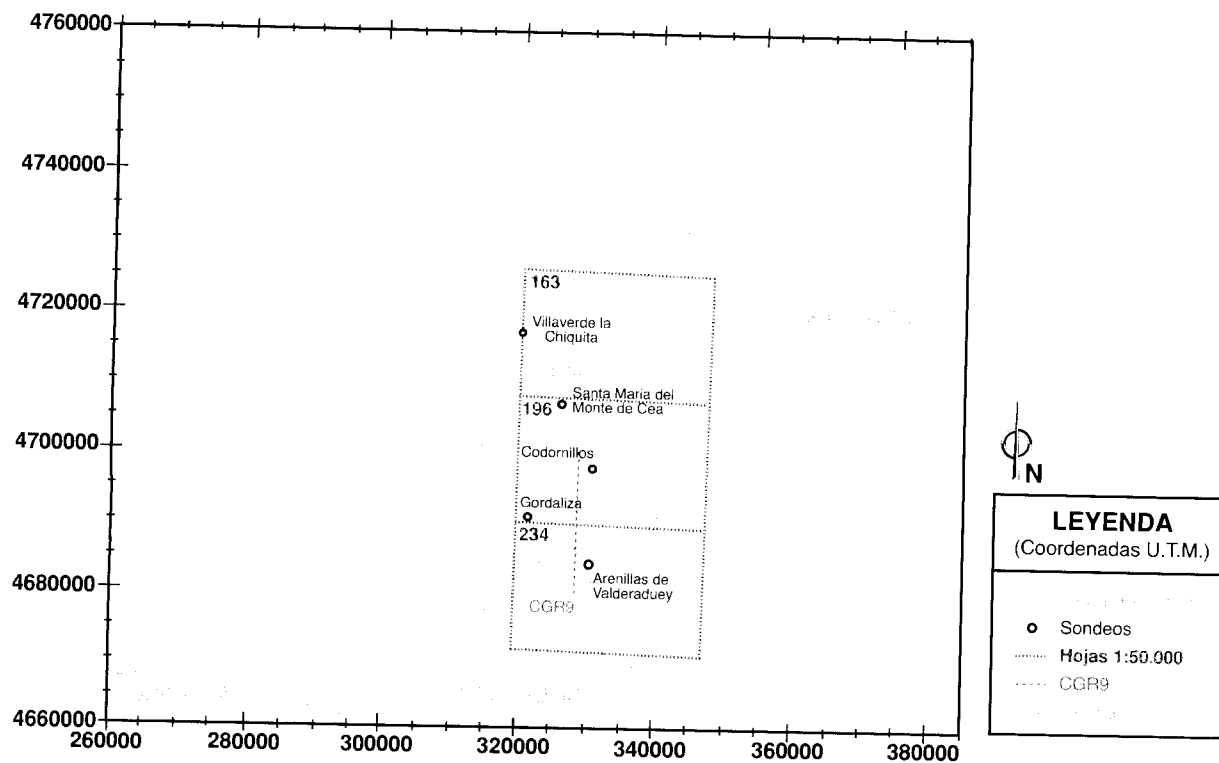


Fig. 2.5.- Situación de las correlaciones de diagráfias de los Rayos Gamma CGR9 y de velocidad CVEL5.

El otro foco lacustre: La Laguna, se sitúa al NO de Gordaliza del Pino; está desecada actualmente al haberse realizado una zanja de drenaje hacia el arroyo de Valdepalacio. Los depósitos asociados, limos y arcillas grises aparecen en el fondo de una "profunda" depresión (5-10m) semi-circular, excavada sobre una terraza media del Cea. En zonas próximas, al SO (Valencia de Don Juan, 233) aparecen otras dos depresiones similares. Los suelos que se desarrollan sobre estos materiales, son de carácter vértico, con hidromorfías blancas.

El origen de estas depresiones lacustres circulares, de márgenes escarpados, que recuerdan por su morfología a una dolina de fondo plano, es en principio problemático, y sin duda han debido de intervenir más de un proceso en su formación. La presencia comprobada de calcimorfos (1-2m de pot.) por debajo de los canturrales de terraza, en las inmediaciones de estas depresiones, y la posible disolución (karstificación) de los mismos, pudo ser el origen del primer foco lacustre; el posterior ahondamiento y por consiguiente la necesaria evacuación de materiales, podría explicarse por deflacción eólica (MOLINA, E. 1982).

## 2.4. ESTUDIO DE DIAGRAFÍAS

A partir de las diagrafías (logs) de sondeos, principalmente para la captación de aguas subterráneas, REDONDO et. al. (1995) han podido deducir algunas de las características de las formaciones, como son el tamaño de grano de las formaciones y su geometría; habiéndose tratado también, de determinar facies y la posible correlación de los niveles acuíferos.

Los datos y las correlaciones se han elaborado con un software especializado (QuikLog) en el procesado y análisis de diagrafías, y en la modelización en dos dimensiones a partir de una correlación, entre un número variable de diagrafías (Fig. 2.5).

Se han utilizado principalmente diagrafías de R-g y diagrafías sónicas o de velocidad.

El perfil de R-g mide la radioactividad natural de las rocas, y en las formaciones sedimentarias refleja el contenido de arcilla en las mismas, puesto que los elementos radioactivos tienden a concentrarse en arcillas y lutitas.

Las arcillas dan por tanto, valores altos de radioactividad, mientras que las arenas y gravas, en general, dan valores moderados.

Las morfologías de los "logs" de R-g sirven también para la identificación de facies, habiéndose reconocido las tres formas típicas (fig.2.6): Forma de campana en la cual, los valores de R-g aumentan progresivamente hacia arriba, se corresponde con secuencias granodecrecientes (canales arenosos). Forma de embudo, con valores de radiación que disminuyen hacia arriba, característica de secuencias granocrecientes. Forma cilíndrica o de barril, con valores de R-g más o menos constantes en un tramo, correspondiéndose con secuencias de tamaño de grano homogéneo. Los análisis de facies efectuados han permitido identificar:

Facies canaliformes, formadas por sedimentos de tamaño de grano de medio a fino, con morfología lenticular y dimensiones de anchura kilométrica (5 a 10 Km) y decenas de metros de espesor, formadas por secuencias positivas muy marcadas.



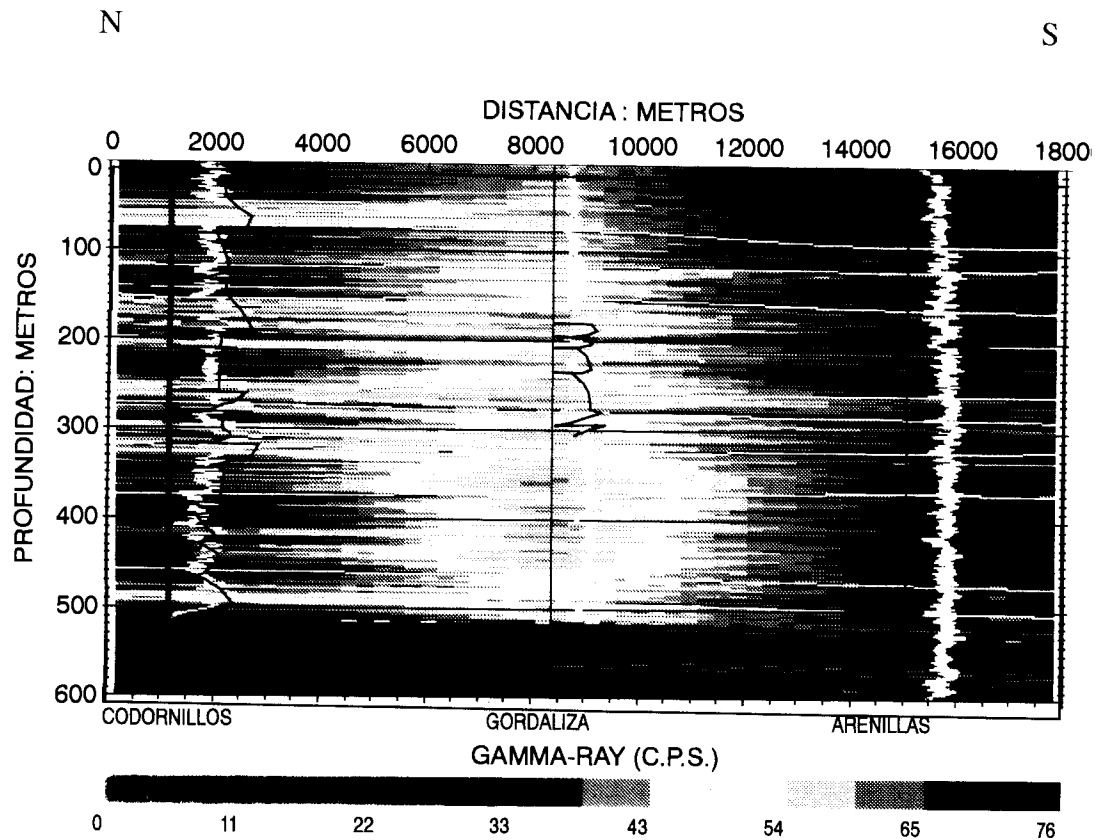


Fig. 2.6.- Correlación de diagrfias de R-8, corte CGR9

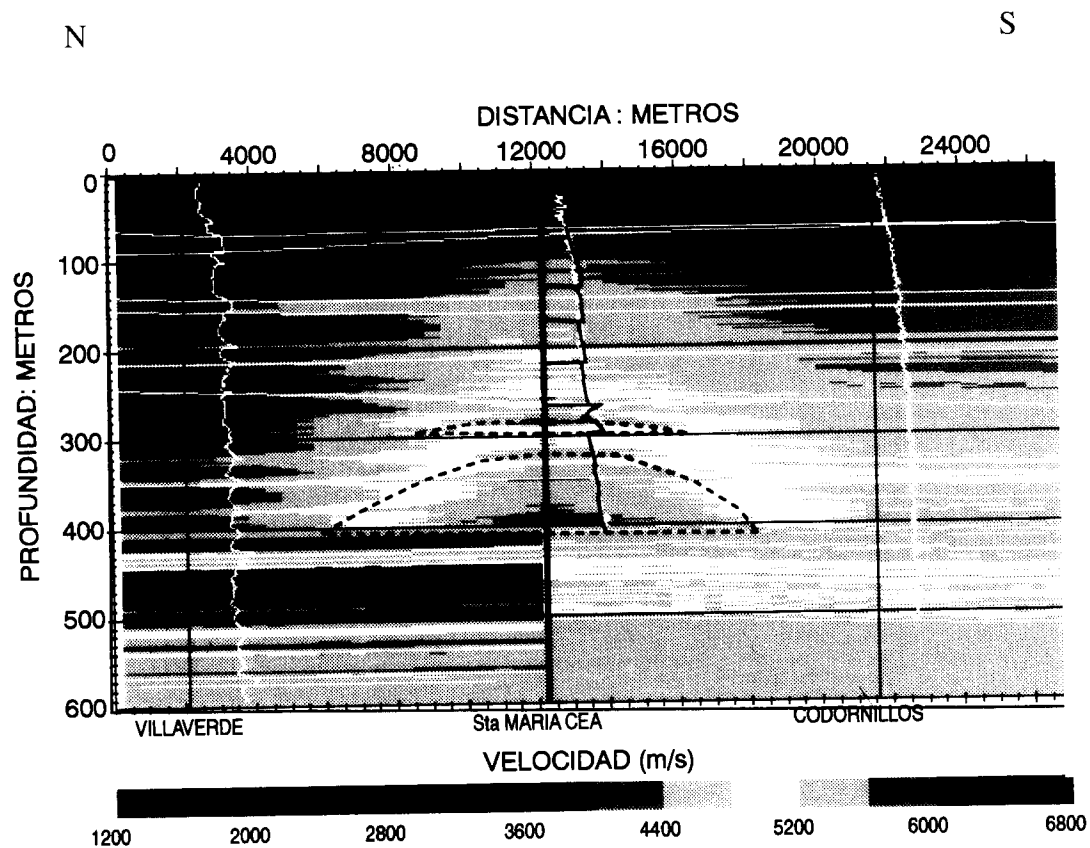


Fig. 2.7.- Correlación de diagráfias sísmicas o de velocidad, corte CVEL-5

Lóbulos deposicionales próximos, formados por sedimentos de tamaño de grano medio a grueso, generalmente arenas y gravas; su espesor es decamétrico acercándose en ocasiones al centenar de metros. Están formados por secuencias positivas que oscilan entre 15 y 40m de potencia.

Depósitos de desbordamiento, arenas y limos inter laminados; en general suelen presentar secuencias negativas, aunque también aparecen secuencias granodecrecientes intercaladas. Se caracterizan por repeticiones de curvas en forma de embudo dentadas generalmente, separadas por otras con forma de campana.

La diagráfia sónica o de velocidad, mide el "tiempo de tránsito"  $\Delta t$  de la formación, que es el tiempo requerido por una onda compresional de sonido para recorrer un pie de formación, este valor es el inverso de la velocidad de propagación de la onda compresional. Los valores dependen de la litología, de la porosidad y del grado de compactación de los materiales. El aumento de porosidad en las formaciones disminuye la velocidad del sonido a través de ellas, y por tanto aumenta el valor de  $\Delta t$ .

La distinta procedencia de los "logs" y la falta de calibración de los equipos de testificación, hace que los valores de los picos a correlacionar, se tomen como valores relativos, realizándose por tanto la correlación en base a la morfología de las gráficas. En resumen, de las correlaciones efectuadas se han podido extraer las siguientes conclusiones:

En aquellos sondeos testificados por el mismo equipo, es posible vislumbrar algunos rasgos sedimentarios como son, secuencias deposicionales (Fig. 2.6) y morfologías de lóbulos (Fig. 2.7) o canales en diversas áreas de la zona estudiada.

A grandes rasgos, los modelos obtenidos se adecuan a la geología de la zona, buzando las capas hacia el sur en los cortes N-S, manifestándose también, el carácter imbricado propio de las facies de abanicos aluviales.

Se determina una mayor efectividad de los registros sónicos para la correlación de niveles de gravas y arenas (acuíferos). Para la identificación y correlación de secuencias, se han obtenido resultados más aceptables con diagráfias de Rayos Gamma.

En la parte septentrional, dominan las secuencias granodecrecientes, mientras que hacia el sur, comienzan a aparecer secuencias granocrecientes más típicas de zonas distales de abanicos aluviales.

### **3. TECTÓNICA**

#### **3.1. TECTÓNICA ALPINA.**

La Hoja de Sahagún se sitúa relativamente próxima al borde meridional de la Cordillera Cantábrica. De forma general, los procesos tectónicos enmarcados dentro del Ciclo alpino, provocaron la configuración como relieve de la Cordillera, y por tanto, del levantamiento del frente meridional de la misma, quedando de esta forma configurada la adyacente Cuenca del Duero como una Cuenca de Antepaís continental al ir rellenándose por materiales detríticos procedentes de la erosión de los relieves creados más al norte. Hacia el sur, y suficientemente alejados de

la influencia de este borde, la Cuenca adquiere un carácter atectónico en sentido amplio.

Las características tectónicas referidas a esta Hoja, son por tanto muy limitadas, por no decir inexistentes, puesto que los materiales que en ella afloran se caracterizan por la disposición horizontal o subhorizontal, con una ligera pendiente deposicional hacia el sur. Los únicos elementos tectónicos reconocidos aparecen cerca de Villalebrín sobre un nivel de intraclastos cementados se aprecia un sistema de diaclasado de dirección N 30° E subvertical o buzando ligeramente al E.

La naturaleza del contacto existente entre las dos Unidades cartográficas diferenciadas en el Neógeno, invitan a una interpretación y discusión de los datos existentes en áreas próximas, y a su correlación. En principio, esta disconformidad entre las dos Unidades, con paralelismo de capas a nivel de afloramiento, pero (suavemente) erosiva a nivel cartográfico, debe corresponderse (NOZAL en. prep.) con la discordancia angular "onlapante" que ALONSO et. al. (1995) identifica en la base de los abanicos Silíceos en el borde norte de la Cuenca.

Por otra parte, valorando aspectos puramente sedimentológicos y observaciones de ámbito regional, permiten considerar a este contacto como una discordancia cartográfica de carácter regional, base de una nueva secuencia deposicional (LOPEZ et. al. 1990 a) y b); MENDIVILLA y DABRIO 1986). Asociada a esta discordancia se desarrolla una superficie de erosión intravallesiense, que arrasa en áreas próximas la orla mesozoica del borde Este de la Cuenca del Duero.

### 3.2. TECTÓNICA-SEDIMENTACIÓN ALPINA EN EL BORDE SEPTENTRIONAL DE LA C. DEL DUERO.

Con posterioridad a la orogénesis Hercínica, en el Macizo Hespérico, a partir del Periodo Pérmico, y durante un importante lapso de tiempo que abarca hasta el Cretácico superior, se desarrolla un importante etapa extensional producida por la apertura del Golfo de Vizcaya, que conlleva la separación del Macizo Ibero-Armoricano y la creación, entre las dos placas continentales de una corteza oceánica.

En los bordes de dichas placas se instalan ambientes de plataforma somera en los que se depositan potentes series mesozoicas, que en el NE peninsular constituirán la Cuenca Vasco-Cantábrica y la delgada cobertera de materiales cretácicos que recubrían gran parte de la actual Cordillera, quedando conservados de la posterior erosión, en la depresión intermedia de Oviedo-Cangas de Onís y en la estrecha banda que orla el borde septentrional de la Cuenca del Duero. La sedimentación mesozoica aparece controlada, tanto en facies como en potencias, por la presencia de numerosas fallas normales ligadas al proceso extensional. Dichas fallas se encuentran en muchas ocasiones sobrepuestas a estructuras hercínicas anteriores de direcciones aproximadas E-O y NO-SE.

Con posterioridad al periodo extensional, las Fases Larámicas finicretácicas, transforman el carácter abierto de las cuencas sedimentarias del Cretácico superior, pasando a desarrollarse una sedimentación de carácter restringido y con facies salinas (garumnenses). A continuación, tiene lugar el inicio de las etapas compresivas, conocidas como Ciclo Alpino, consecuencia de la convergencia (Eoceno sup.) de las Placas Europea e Ibérica, con subducción incipiente hacia el sur de la litosfera oceánica bajo Iberia (BOILLOT y MALOD, 1988). Estructurándose "grosso modo" como un conjunto de bloques E-O que compartimentan tanto el continente como el margen continental.

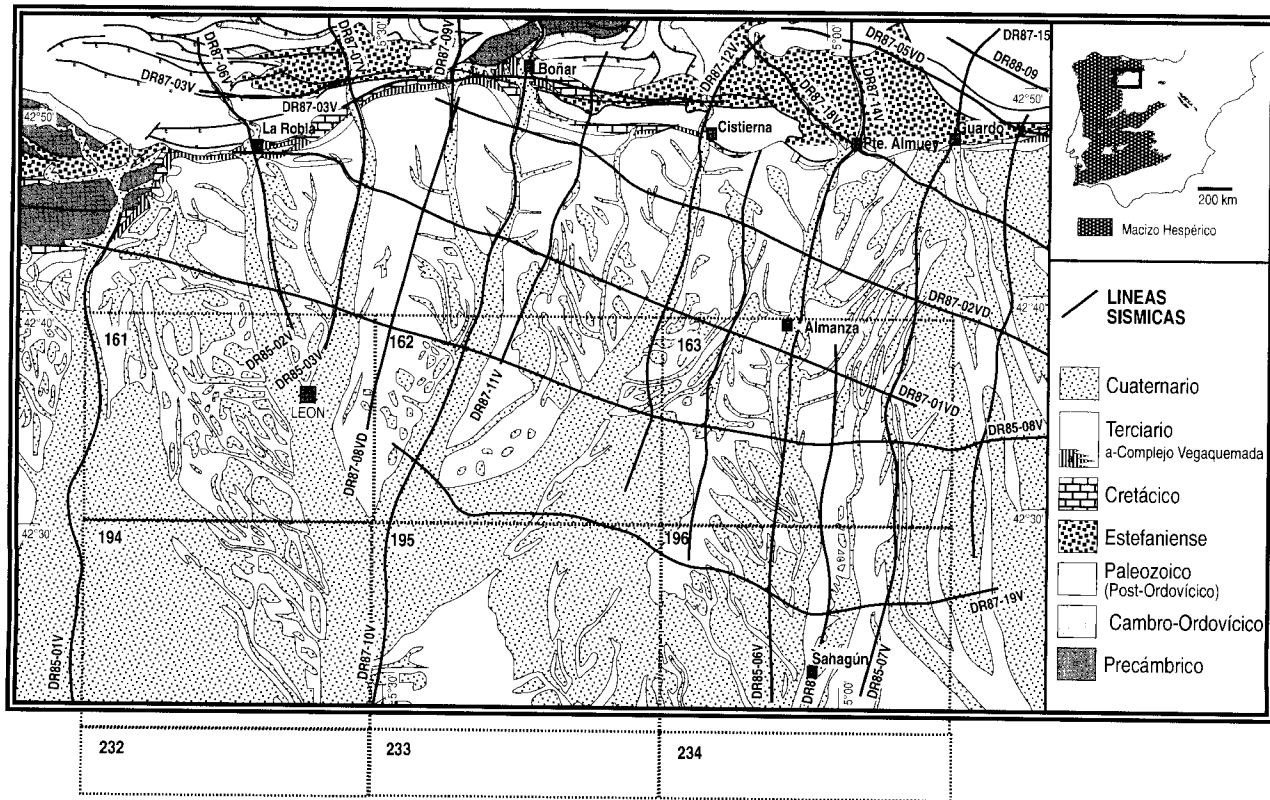


Fig. 3.1.- Situación de los perfiles sísmicos con referencia a las Hojas estudiadas y a los bordes Septentrional (C.Cantábrica) y Occidental (Montes de León) del NO de la Cuenca del Duero.

La intensidad y continuidad de los procesos erosivos sobre el relieve creado, da lugar a potentes formaciones sinorogénicas que rellenan la Cuenca del Duero (Foreland basin) y la Fosa Marginal Nord-Ibérica. El periodo orogénico tiene su máxima expresión para esta zona en tiempos oligo-miocenos.

La relación estructural entre el basamento hercínico de la Zona Cantábrica y su cobertera mesozoica, muestra que ambos se deformaron solidariamente (sin despegar) durante la deformación alpina (ALONSO y PULGAR 1993).

La estructura general de la Cordillera (PULGAR y ALONSO 1993), consiste en una gran flexión monoclinial regional, que puede explicarse con un modelo de pliegue de flexión de falla modificado, originado por el despegue del basamento (a unos 15 Km. aprox. de prof.) y su desplazamiento a lo largo de una larga rampa que alcanza la superficie en el sector central del frente sur de la Cordillera. Este cabalgamiento, dió lugar en la mayor parte del frente (ALONSO et. al 1994), a un pliegue frontal (pliegue de propagación de falla), que ocasionó la inversión de la cobertera mesozoica por delante de la parte superior de la rampa.

Las variaciones estructurales que se presentan a lo largo de este frente de cabalgamiento, pueden explicarse en función de la disposición previa de las estructuras variscas, respecto al cabalgamiento alpino (ALONSO et. al., 1994). Los pliegues hercinianos se reapretaron, dando lugar a la rotación y rejuego por deslizamiento flexural de algunos cabalgamiento hercinianos plegados; las fracturas que actuaron como distensivas, se reactivan pasando a comportarse como inversas.

Los cabalgamiento variscos que estaban inicialmente inclinados hacia el Sur, fueron rotados durante la deformación alpina hasta adquirir la posición invertida (con buz. al N) que presentan actualmente. En la última etapa de esta inversión se desarrollan numerosas fallas inversas directamente relacionadas con la deformación alpina. El buzamiento original hacia el sur de los cabalgamientos variscos, y el rejuego alpino de los mismos, puede observarse en los perfiles sísmicos del sector septentrional de la C. del Duero, en donde la deformación alpina fué escasa.

En este borde de la Cuenca, sobre los materiales cretácicos comienza la sedimentación terciaria de forma brusca, existiendo una discordancia neta (atribuible a la Fase Larámica) entre los tramos inferiores del complejo Vegaquemada y los subyacentes del cretácico. Estos tramos inferiores representan el inicio de la configuración de la Cuenca del Duero, ya que desde entonces, este borde ha sido activo, instalándose un primer conjunto de abanicos aluviales.

Sobre la parte alta del complejo Vegaquemada, y sin que se aprecie discordancia, si no más bien progradación hacia el Sur de facies gruesas, se instalan potentes sistemas de abanicos polimícticos con discordancias progresivas, que indican sedimentación y deformación a la vez. En la sucesión terciaria, las capas adoptan una posición monoclinial muy vericalizada y frecuentemente invertida en la parte basal más proxima al frente montañoso, con geometría isopaca en los primeros 1000m de serie; disminuyendo el buzamiento progresivamente hacia las capas más modernas, que se estructuran en discordancia sintectónica.

Sobre estos materiales y en clara discordancia angular, se sitúan los depósitos correspondientes a los abanicos silíceos esencialmente posttectónicos con un dispositivo en "onlap" sobre los sedimentos

anteriores (que han sido en parte erosionados, faltando los depósitos más proximales de los abanicos) e incluso sobre los materiales mesozoicos y paleozoicos.

Los últimos episodios de los abanicos silíceos, constituyen el techo de piedemonte neógeno, y por tanto, la última etapa de relleno sedimentario, previa al encajamiento de la red fluvial en este sector de la Cuenca.

### 3.3. GEOLOGÍA DEL SUBSUELO

La oportunidad de disponer durante la realización de este estudio, de los perfiles de reflexión facilitados por REPSOL Exploración (Fig. 3.1), correspondientes a las campañas de exploración en el área denominada Duero-Reinosa, llevadas a cabo entre los años 1985-1988, ha permitido a REDONDO LOPEZ et. al.(1995) la reinterpretación y elaboración de los mismos. El resultado final permite la visualización, tanto de la estructura, como de la morfología profunda de una parte importante de la zona Noroeste de la Cuenca del Duero.

Para la reinterpretación geológica de los perfiles sísmicos, se ha trabajado sobre secciones sísmicas "no migradas", dibujándose los reflectores en dichas secciones para obtener a partir de ellas un mapa de isocronas. Posteriormente se aplicó una conversión tiempo-profundidad con el fin de obtener diferentes mapas de isobatas.

En los perfiles se han elegido 4 reflectores profundos fácilmente identificables, habiéndose dibujado también, algunos reflectores fuertes dentro del conjunto terciario con el fin de visualizar el relleno y su disposición.

Estos reflectores profundos, confirmados e identificados en el sondeo petrolero de El Campillo, realizado en 1990 y calado en la línea DR 88-04, situada al este de la zona estudiada, serían de techo a muro los siguientes:

Base del Terciario continental (techo de la Facies Garum) .-Corresponde al primer reflector fuerte y continuo en dicho perfil de referencia, por debajo de capas terciarias continentales. Este reflector es difícil de seguir en todos los perfiles, ya que pierden su carácter reflectivo y las Facies Garum no están presentes en la totalidad de la cuenca.

Techo de las Calizas Cretácicas.- Se corresponde con el reflector superior de dos reflectores fuertes, que distan entre sí unos 0,03 seg. Presentan una gran continuidad, amplitud y coherencia, siguiéndose fácilmente a lo largo de toda la Cuenca.

Techo de la Fm.Utrillas.- Dicho reflector es el inferior de dos de alta amplitud y continuidad situados por debajo de las calizas cretácicas. Este reflector, también se sigue con relativa facilidad por toda la Cuenca, aunque en ocasiones, se pierde lateralmente.

Techo del Paleozoico.- Este reflector viene marcado por el contacto existente entre los niveles Mesozoicos y el Basamento. Se trata de una superficie que da lugar a un reflector difícil de seguir lateralmente por presentar numerosas interrupciones. Estas alteraciones son debidas al carácter erosivo de la misma y a la presencia de un perfil de alteración potente más o menos desarrollado.



Normalmente aparece como un reflector de gran amplitud y relativa continuidad, por debajo del cual las reflexiones adoptan en conjunto un aspecto poco definido, con fondo masivo.

Los reflectores más fuertes son por tanto los límites inferior y superior de los litosomas calcáreos cretácicos, por ser éstos los niveles que presentan un mayor contraste de densidades con respecto a los materiales entre los que se intercalan estratigráficamente, la facies Garum y la Fm. Utrillas.

El conjunto de perfiles N-S (NNE-SSO), muestran claramente la geometría y la evolución de la cuenca desde el borde norte activo, hasta las zonas más distales situadas hacia el Sur.

La información que ofrecen éstos perfiles sobre la estructura del basamento, es en general pobre; el reflector del contacto Fm. Utrillas-Basamento no siempre es continuo, e incluso se pierde en ocasiones. Se identifican algunas fallas que afectan a los materiales cretácicos, que pueden corresponder en muchos casos a estructuras previas hercínicas reactivadas.

Los dos reflectores de techo y muro de las calizas cretácicas son continuos, siguiéndose bien en todos los perfiles.

Las formaciones cretácicas son concordantes entre sí, manteniendo en general su potencia, estando presentes en toda la cuenca excepto en el borde occidental. Es posible identificar una serie de fallas, mayoritariamente inversas (algunas de ellas parecen ser fallas directas, que han sufrido una inversión posterior), que afectan de forma manifiesta a los materiales cretácicos e incluso, a los tramos inferiores de la serie terciaria.

Por encima de los reflectores mesozoicos, se disponen los materiales terciarios, que presentan numerosos reflectores internos. Dichos reflectores mantienen cierta continuidad, de tal forma que permiten visualizar la geometría del relleno; manifestándose como una cuenca asimétrica con el depocentro localizado cerca del borde norte, disminuyendo la potencia de los sedimentos progresivamente hacia las partes distales situadas al Sur.

El terciario se dispone discordante sobre la serie cretácica, siendo ésta discordancia de mayor ángulo en la parte norte, mientras que hacia el sur (donde la cuenca parece elevarse en un "forebulge"), es de muy bajo ángulo, llegando a situarse casi concordantemente, aunque en claro "onlap". Los reflectores adoptan una configuración paralela plana inclinada hacia el sur, y a gran escala progradacional hacia el centro de la cuenca.

El borde norte de la misma, muestra una variación en su morfología y por tanto en su estructura de O a E. En la parte oriental, se trata de una falla inversa de bajo ángulo, que cobija materiales terciarios que se introducen varios km. bajo ella. Hacia el Oeste, los perfiles muestran que la base de la cuenca se levanta progresivamente hacia el Norte, diferenciándose tan sólo algunas fallas verticales o inversas de alto ángulo que producen un escaso cobijamiento.

Al Este pero próximo a la zona estudiada, el perfil DR 37-17V evidencia un importante accidente tectónico, que afecta a la mayoría de la serie terciaria. Se trata de una falla inversa que buza al norte, y que produce una apreciable elevación del basamento en el bloque norte, dando lugar

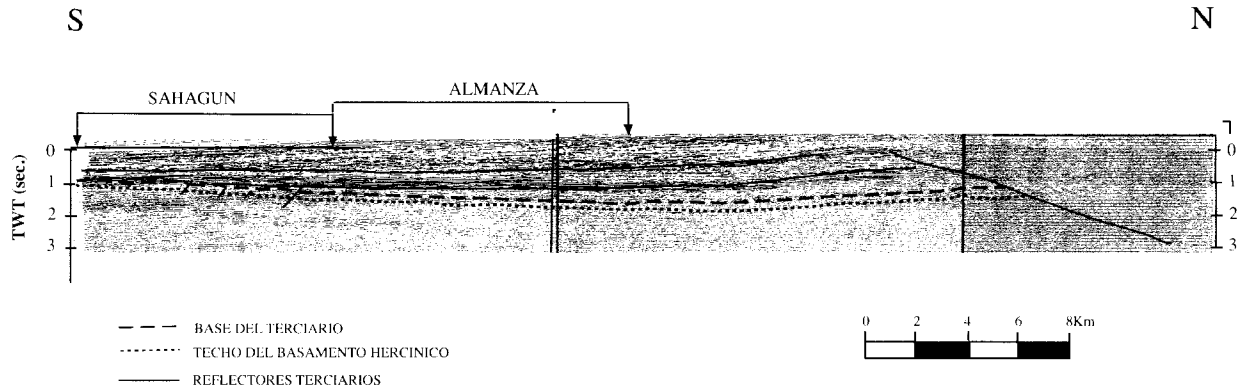


Fig. 3.2.- Interpretación geológica del perfil sísmico N-S (DR 87-14V/85-06V), señalándose los sectores correspondientes a las Hojas estudiadas. Tomada de Redondo et. al. (1995), ligeramente modificada.

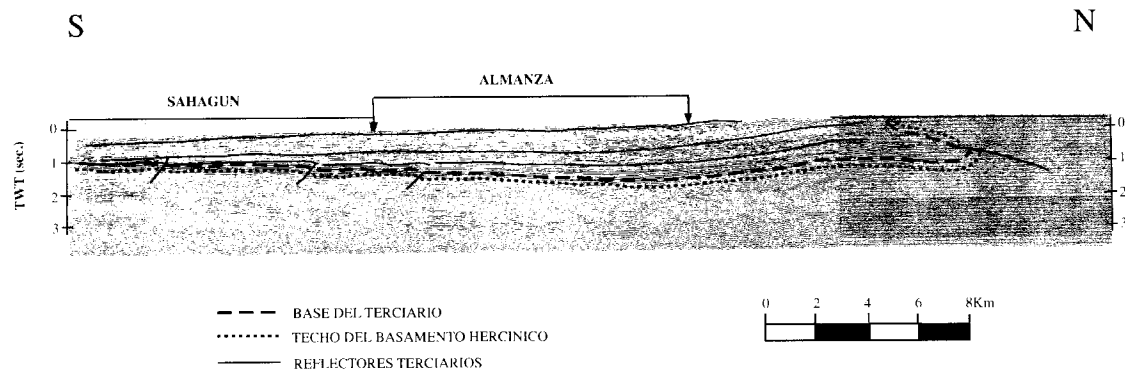


Fig. 3.3.- Interpretación geológica del perfil sísmico N-S (DR 87-15V/85-07V), señalándose los sectores correspondientes a las Hojas estudiadas. Tomada de Redondo et. al. (1995), ligeramente modificada.

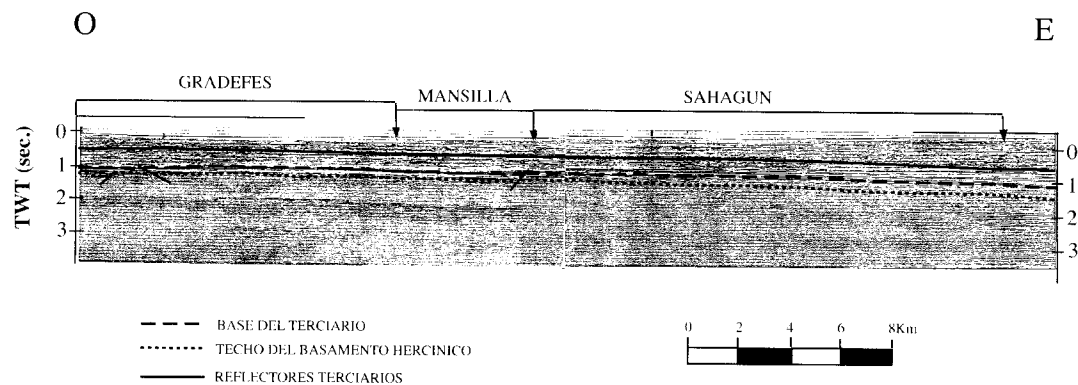


Fig. 3.4.- Interpretación geológica del perfil sísmico O-E (DR 87-19V), señalándose los sectores correspondientes a las Hojas estudiadas.

al pliegue frontal del Campillo (Hoja 132, al NE de la de Almanza), que es una estructura de dirección E-O, tal como se manifiesta en los mapas de isobatas (Figs. 3.5 y 3.6).

Los perfiles E-O (ESE-ONO) son aproximadamente perpendiculares a los anteriores, mostrando una imagen de la cuenca similar a la descrita en los párrafos precedentes. Las formaciones cretácicas se sitúan en la base, salvo en el borde Oeste, donde las calizas cretácicas se acuñan, y el terciario se dispone inmediatamente por encima de la Fm. Utrillas.

A lo largo de éstos perfiles, las formaciones mantienen una profundidad bastante constante, levantándose progresivamente hacia el borde occidental (borde pasivo).

Los mapas de isobatas se han obtenido una vez interpretados los perfiles, a partir de la digitalización de los reflectores sísmicos anteriormente descritos. Mediante un programa informático, se computan y elaboran los valores de profundidades en tiempo de los reflectores, dibujándose automáticamente los mapas de isocronas. Utilizando el programa 2DI de SIERRA, que considera la velocidad de las ondas P reflejadas y su variación con la profundidad, se obtienen mapas de profundidades o isobatas a partir de los mapas de tiempos (isocronas).

Cabe precisar que el "datum" o nivel de referencia, para los mapas de isobatas (y para los perfiles) no es la superficie topográfica, sino una superficie horizontal de cota 900 m sobre el nivel del mar.

REDONDO et. al. (1995), manifiestan en su informe que los resultados son bastante fiables, habiéndose ajustado el método de cálculo, a los datos de profundidad real, proporcionados por el sondeo del Campillo. Consideran además, que la velocidad no presenta una variación lateral muy notable. No obstante, personalmente apreciamos algunas desviaciones en las profundidades, probablemente por haber asumido velocidades demasiado altas, tanto para los materiales terciarios como para los mesozoicos, mostrándose los rasgos morfológicos y las profundidades quizás demasiado exageradas.

A grandes rasgos, éstos mapas de isobatas (Figs. 3.5 y 3.6) muestran la morfología típica (para este sector) de una cuenca de antepaís, con una zona más profunda (depocentro), de orientación aproximadamente E-O, próximo al borde S de la Cordillera Cantábrica. La cuenca pierde profundidad bruscamente hacia el frente orogénico (borde N) y más suavemente tanto hacia las zonas distales del Sur, como lateralmente hacia el Oeste.

Los mapas de isobatas calculados para los distintos niveles, muestran además otras irregularidades, como son umbrales o altos relativos y superficies o escarpes muy verticalizados, debido a que éstos horizontes están afectados por fallas, tal y como se interpretaban en las secciones de los perfiles.

La Hoja de Sahagún al igual que la de Almanza, aparece surcada por dos perfiles con dirección N-S, (Fig. 3.1): el DR87-14V/ 85-06V (Fig. 3.2) siguiendo aprox. el trazado del Río Cea, y el DR85-07V/ 87-15V (Fig. 3.3) situado al Este, que siguiendo el arroyo de La Cueva y el Río Sequillo, termina a la altura de Sahagún.

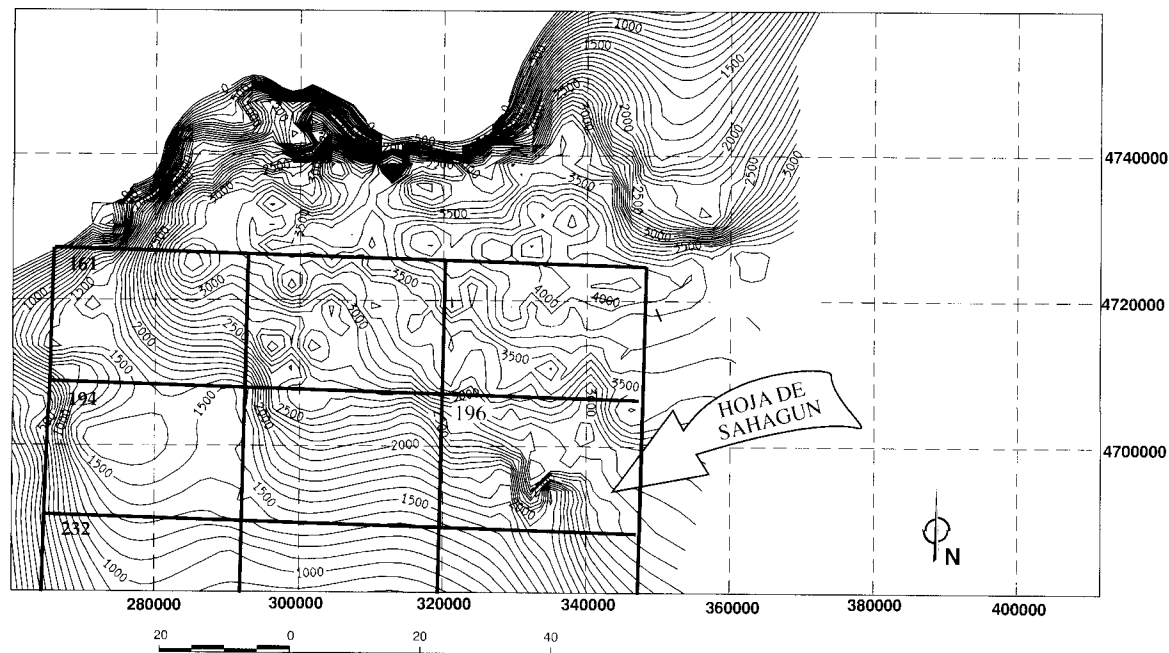


Fig. 3.5.- Mapa de Isobatas (datum 900 m. s. m.) del techo del basamento paleozoico. Sector NO. de la Cuenca del Duero y referencia a las Hojas estudiadas; intervalo de contornos 100 m. Tomada de Redondo et. al. (1995).

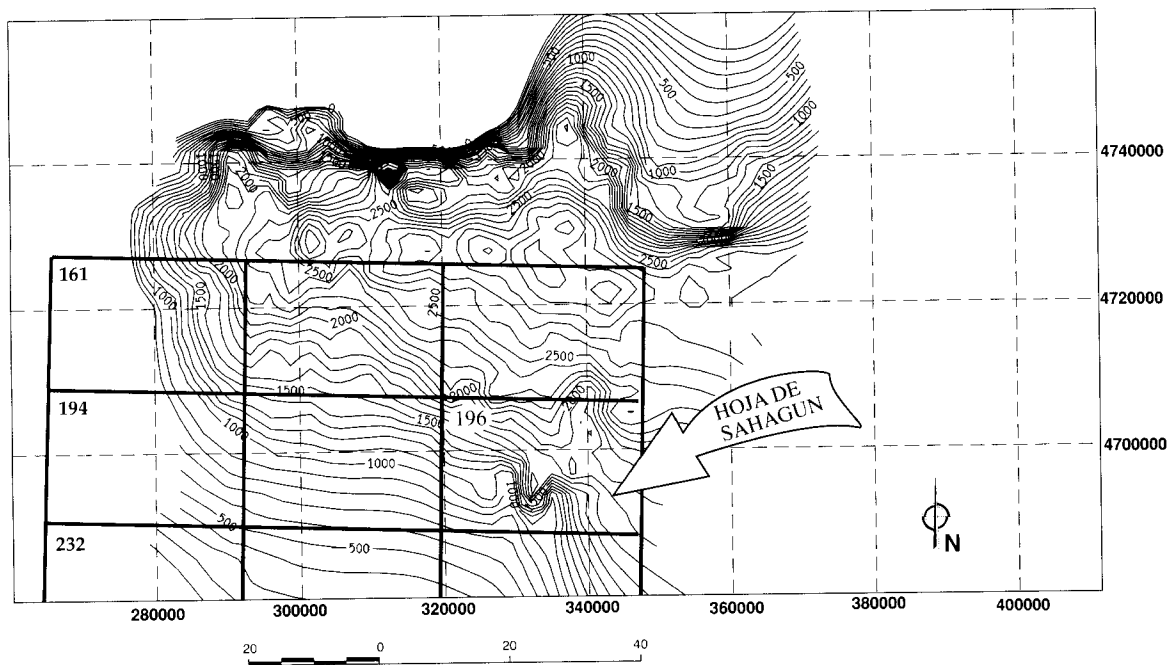


Fig. 3.6.- Mapa de Isobatas (datum 900 m. s. m.) del techo de las calizas del Crétacico Superior-base del Terciario. Sector NO. de la Cuenca del Duero y referencia a las Hojas estudiadas; intervalo de contornos 100 m. Tomada de Redondo et. al. (1995).

Otro perfil, el DR87-19V (Fig. 3.4), ortogonal a los primeros, cruza la Hoja por su parte central (Fig.3.1).

En los dos primeros perfiles, puede observarse la estructura del borde, a la altura de Guardo y de Pte. Almuhey. En este sector el borde consiste en un cabalgamiento que cobija a la sucesión terciaria, con un desplazamiento máximo en torno a 7 km.

En Guardo, el cabalgamiento debió cortar un pliegue de propagación de falla incipiente (ALONSO et al., 1994), cuyo flanco delantero, fuertemente invertido, se conserva en el bloque cabalgante (Fig.3.3). En el otro perfil, el cabalgamiento alpino se propagó siguiendo el flanco S del Sinclinal de Valderrueda (Fig. 3.2), haciendo innecesario el desarrollo de un pliegue de propagación de falla (ALONSO et al., op. cit.).

Por el contrario, ambos perfiles muestran al alejarnos de este borde, una geometría muy simple con algunas fallas inversas de pequeño salto (que en el perfil buzan al S), afectando al mesozoico y al terciario más inferior. La mayor acumulación de sedimentos terciarios, aparece en la parte norte de la Hoja de Almanza, con profundidades que según el mapa de isobatas alcanzan los 3.000 m., disminuyendo sensiblemente hacia el Sur, a la vez que se evidencia el dispositivo en "onlap" sobre el reflector calcáreo mesozoico.

Dentro de la Hoja de Sahagún, el reflector de techo del cretácico manifiesta claramente esta tendencia, con profundidades que oscilan entre 1,25-0,9 seg. en el perfil del Cea, y entre 1,25-0,9 seg. en el más oriental.

Las fallas inversas, que aparecen hacia el sector septentrional de la Hoja, sobre todo en el perfil más oriental, tienen su claro reflejo también, en los mapas de isobatas (Figs. 3.5 y 3.6). Interpretando las directrices que adoptan dichas curvas, parecen corresponder a estructuras de dirección NE a NNE, asociadas sin duda al accidente del Valderaduhey (GRACIA et al., 1991).

El perfil O-E (Fig. 3.4) muestra una geometría plano-paralela totalmente simple, en la que la cuenca va ganando profundidad de forma muy suave, pero constante hacia el Este. Tan sólo mencionar, que el reflector del techo del Garum, va acuñándose hacia el Oeste desapareciendo o perdiendo su carácter como tal reflector, en el mismo borde occidental de la Hoja.

En los mapas de isobatas, y en el sector correspondiente a esta Hoja, se manifiesta de forma muy clara el gradiente de profundización de la cuenca, tanto hacia el NE, como hacia el SE. De igual modo, el techo de las calizas del Cretácico superior, siguiendo dicho perfil, va ganando profundidad desde 2.300 m en el borde oeste, hasta los 2.600 m al E.

## **4. GEOMORFOLOGÍA**

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

La Hoja de Sahagún se sitúa en la parte central del sector septentrional de la Cuenca del Duero, relativamente próxima a su límite con la Cordillera Cantábrica. Queda encuadrada (Fig. 4.1) entre las comarcas naturales de la Tierra de Campos y los Páramos Leoneses (al este de los Oteros). La



Cuenca del Duero, es en términos generales, una amplia depresión terciaria rellena de materiales depositados en ambientes continentales, posteriormente erosionados y recubiertos en gran parte, por sedimentos cuaternarios fluviales.

El relieve en general es suave, construido a partir de las altas plataformas del piedemonte finineógeno conservados en las Hojas situadas al N; sobre estas plataformas se encaja la red fluvial, dando valles amplios con replanos escalonados, definidos por los diferentes niveles de terrazas de los cursos importantes, y valles de fondo plano con laderas más verticalizadas, en la red secundaria.

Por lo que se refiere a la orografía, la altura media es de unos 880m aproximadamente, situándose las cotas más altas en los interfluvios, que desde el norte van descendiendo suavemente hacia el sur. Los relieves más altos se sitúan en el tercio oriental de la Hoja, sobre el interfluvio de los ríos Valderaduey-Carrión, ocupado por las terrazas altas de este último río. Las cotas de estos altos replanos, oscilan entre los 970m al N y los 900m al S, con un pendiente extraordinariamente suave del 0,37%.

En el interfluvio Cea-Esla, las cotas más altas varían entre 930m y los 917m de los vértices Raposeras y de La Cuesta del Hoyo; descendiendo mediante el sistema terrazas del Cea suave y escalonadamente hacia dicho río, cuyo cauce discurre entre los 840m y los 790m al Sur en el punto más bajo de la Hoja.

El modelado fluvial es una de las características de este paisaje meseteño, siendo los ríos Cea y Valderaduey los principales cursos de agua que atraviesan la Hoja; otros cursos de rango menor son el río Sequillo y los arroyos de Los Templarios, de La Cueva y de Fuentearriba.

Climatológicamente, la zona se sitúa en el dominio Mediterráneo, con influencia continental, oscilando entre Seco superior y Seco medio (ombroclimas), con una temperatura media anual de 11°C y precipitaciones medias anuales que oscilan entre los 450 y 600mm. Los Índices de termicidad oscilan entre 172 (Mozos de Cea) y 181 (Sahagún), que corresponden a un Piso bioclimático Supramediterráneo inferior (PENAS et.al., 1995).

La vegetación autóctona es relativamente significativa a pesar del laboreo intensivo que han sufrido las tierras de la Hoja, habiendo quedado preservada en un conjunto de montes vecinales y fincas particulares fundamentalmente en los tercios oriental y occidental de la Hoja, o donde la inclinación de las vertientes no ha permitido el laboreo. La vegetación de estas zonas, está constituida por matorral con arbolado más o menos adhesado. Destacan como especies arbóreas el roble melojo o rebollo, encinas de gran porte, quejigos y arbustos como el espinillo albar; el matorral lo constituyen brezos, jaras, aulagas, escobas y tomillares.

En el tercio oriental de la Hoja, además de los bosquecillo autóctonos (robles), hay que destacar las importantes repoblaciones de pinos (*silvestris* y *pinaster*), efectuadas sobre los altos replanos correspondientes a las terrazas del Carrión.

En la vega del Cea, aparecen extensas plantaciones de chopos (*populus s.p.*), y las características asociaciones vegetales de ribera con olmos, fresnos, alisos, chopos, álamos blancos, sauces y especies arbustivas, fundamentalmente espinosas.

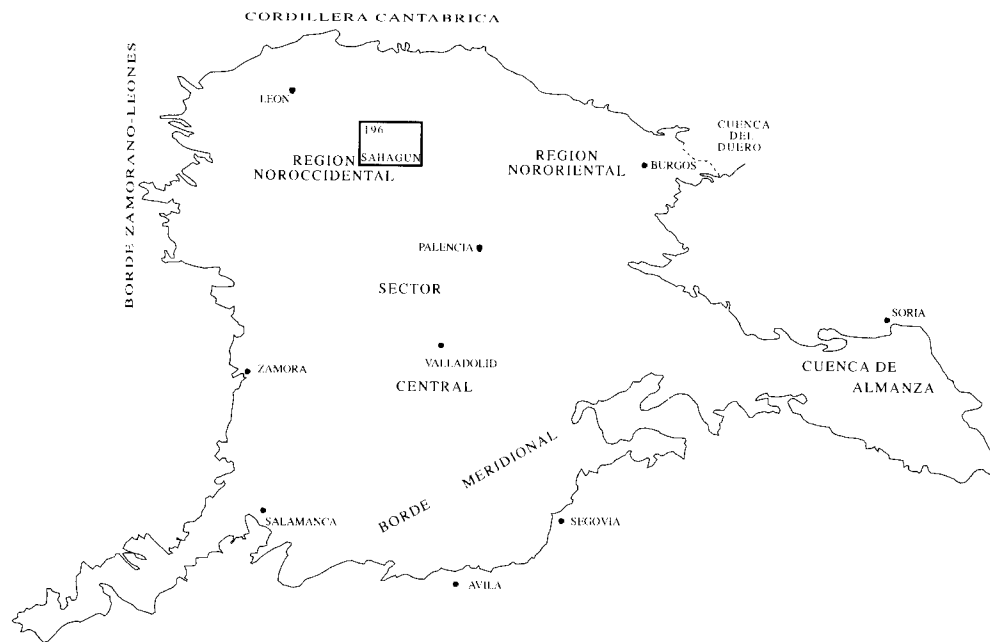


Fig. 4.1.- Los grandes dominios morfoestructurales de la Depresión del Duero. Tomado de Perez-Gonzalez et. al. (1994)

Los cultivos que se desarrollan se pueden agrupar en dos tipos; los de regadío, concentrados en las llanuras aluviales del Cea y Valderaduey y en algunos fondos de valle, dedicados a: maíz, grano y forrajero, patatas, cultivos herbáceos, prados naturales y de forma puntual, hortalizas de huerta (puerros, pimientos, col, berzas, etc...), en gran parte, orientadas al autoconsumo. El resto de la superficie cultivada, corresponde a labor intensiva de secano, con cereales como: trigo, cebada, avena y centeno y leguminosas. Destaca también la superficie dedicada a viñedos, subzonas vitícolas de Tierra de Campos y Rivera Alta del Cea, aunque actualmente están en recesión.

Los núcleos urbanos son numerosos, aunque en general de pequeño tamaño. Existen 29 poblaciones en total, siendo las más importantes: Sahagún, en la parte centro meridional y Gordaliza del Pino, en la esquina suroeste.

Las comunicaciones son buenas, destacando la N-120 León-Burgos, la C-611 Villada-Cistierna y la C-624 Sahagún-Saldaña; así como el entramado de carreteras locales que comunican las diferentes poblaciones. Existe también, una densa red de caminos vecinales y pistas forestales y agrícolas afirmadas, trazadas con motivo de la concentración parcelaria.

Otra vía de comunicación importante, lo constituye el ferrocarril Palencia-León, que cruza la Hoja por el cuadrante SO.

La principal fuente de riqueza es la agricultura, destacando en primer lugar los cultivos de secano, siguiéndole en importancia los de regadío y las explotaciones forestales; sin olvidar las ganaderías bovina estabulada (leche) y ovina-caprina. Por último, señalar el discreto e incipiente polígono industrial ubicado en Sahagún.

## 4.2. ANTECEDENTES.

La bibliografía que existe sobre la zona, relativa a referencias geomorfológicas concretas, es escasa, estando casi siempre referida a aspectos regionales. Los primeros trabajos corresponden a BIROT y SOLE SABARIS (1954), HERNANDEZ PACHECO (1957), MABESOONE (1961), NOSSIN (1960); posteriormente destacan los de PLANS (1970), ESPEJO et. al. (1973), OLIVE et. al. (1982), y más recientemente PEREZ-GONZALEZ (1989), PEREZ-GONZALEZ et.al. (1994), MARTIN-SERRANO (1994), NOZAL (1994) y NOZAL Y ESPINA (1994).

## 4.3. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO.

Se realiza en este apartado un estudio y descripción de las formas del relieve, teniendo en cuenta en primer lugar, la influencia que tiene la naturaleza litológica y disposición de los materiales y, en segundo lugar, la acción de los agentes externos sobre dichos materiales, que en conjunto definen y construyen la morfología, el paisaje de la Hoja.

### 4.3.1. Estudio morfoestructural.

La Hoja pertenece al gran dominio morfoestructural de la Cuenca del Duero, quedando encuadrada entre las Regiones Noroccidental y Nororiental, puesto que tienen al río Cea como límite (PEREZ-GONZALEZ et. al. 1994); formando parte de la periferia montañosa o piedemonte de la

Cordillera Cantabrica.

Siguiendo a PLANS (op. cit.), los páramos detríticos de León y del N de Palencia, constituyen el límite septentrional de la Tierra de Campos. Estos páramos detríticos han sido disectados por el Esla, Cea y Carrión; siendo un hecho constante la disimetría morfológica de los valles, con una ladera elevada y en talud (erosivo), y otra en suave pendiente donde se escalonan las respectivas terrazas fluviales. Así pues, los páramos detríticos Leoneses y Palentinos quedan excindidos por dichos cursos, penetrando a modo de cuña la Campiña de Campos.

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

Entre los elementos que conforman el paisaje de esta Hoja, predominan las formas planas representadas por las terrazas fluviales; plataformas conglomeráticas de poco espesor (<3m) relativamente estrechas y paralelas al trazado fluvial, con desniveles moderados entre ellas, que presentan un buen desarrollo longitudinal.

La destrucción de estos depósitos de escaso espesor, por la red de drenaje secundaria, da lugar a un paisaje de transición entre un relieve invertido, donde los retazos de terrazas ocupa altiplanicies flanqueadas por desniveles escarpados en las vertientes erosivas (terrazas altas del Carrión y medias del Valderaduey), y un territorio suavemente alomado, construido sobre los sedimentos fácilmente erosionables del relleno neógeno.

La arteria principal del drenaje corresponde al río Cea, que discurre por un amplio valle en la parte central de la Hoja, con todas las terrazas desarrolladas en su margen derecha. En el borde oriental de la Hoja aparecen terrazas, incluso con mayor extensión superficial que las del Cea, que corresponden al río Carrión, cuyo cauce actual discurre por la Hoja adyacente de Carrión de los Condes.

Entre las morfogénesis impuestas por los cursos autóctonos de la Cuenca, destaca la del río Valderaduey, que constituye una estrecha franja de menos de 3 Km, que comprende el propio río y su sistema de terrazas. De menor entidad que este río, citaremos: el arroyo de La Cueva y el río Sequillo.

Esta Hoja, podemos considerarla dividida en tres bandas o Unidades morfoestructurales de orientación E-O. La más oriental, corresponde a las altas terrazas del Carrión (Páramo detrítico Palentino), conformando un paisaje de llanuras suavemente escalonadas, definidas por las terrazas de la margen dcha. de este río, fuertemente incididas por la red secundaria y colgadas (escarpadas) hacia las cuencas fluviales del Valderaduey y Sequillo. Por ello, aun dominando las formas planas (terrazas y fondos de valle), el relieve llega a ser accidentado, por los acusados desiveles existentes entre unas y otros.

La banda central, queda delimitada entre el Cea y las terrazas del Carrión; en ella los fenómenos erosivos, sobre los deleznales materiales arcillosos y arenosos, son predominantes; modelando un territorio moderadamente alomado (La Campiña), típico de la Tierra de Campos. Podemos

subdividirla en dos dominios con límite en el Valderaduey. El más oriental, constituye un territorio deprimido con respecto a las terrazas del Carrión, constituido por interfluvios muy suaves, y valles con vertientes muy amplias y de fondo plano, que van perdiendo cota, tanto uno como otros, progresivamente hacia el sur.

En el otro dominio, entre el Cea y el Valderaduey, destacan algunos cerros o tesos constituidos por replanos estructurales en los alrededores de Cea, y las terrazas más altas del Valderaduey, en gran parte colgadas hacia el Cea y escalonadas hacia el propio río.

Por último, la Unidad occidental, que se corresponde con el valle del Cea, se muestra como una rampa (150m aprox. de desnivel) recubierta por canturral cuarcítico (Páramo Leonés), que arranca desde el interfluvio plano en el ángulo NO de la Hoja (correspondiente a un glacis antiguo).

Al principio dicha rampa está poco definida, luego baja escalonadamente hasta el curso del Cea.

Esta rampa, conformada por todo el sistema de terrazas del Cea, escalonadas hacia el E-SE, tiene una suavísima pendiente (0,2%) en la dirección de escorrentia (SO). Este sistema aparece disecado por el conjunto afluentes del Cea por la margen dcha. La otra margen del río, en talud escarpado, constituye el límite de la Tierra de Campos (PLANS op.cit.).

La distribución y morfología de la red secundaria de la Hoja (Fig. 4.2), presenta sus peculiaridades en cada una de las Unidades morfológicas en que puede subdividirse, tal como se han descrito anteriormente. Así la Unidad oriental presenta una red secundaria poco densa, con tendencia paralela siguiendo la dirección general de escorrentia (N-S), y grado de incisión variable, dependiendo de la antigüedad de la misma.

La Unidad intermedia, drenada por los ríos Valderaduey, Sequillo, Templarios y Valdejinete (de La Cruz), muestra por el contrario una red secundaria de corto recorrido muy densa e incidida, frecuentemente acarcavada, claramente dendrítica, organizada hacia los principales cursos de agua. En el tercio occidental (Fig. 4.2), el dispositivo que presenta es de un drenaje paralelo, marcado por los arroyos importantes que desaguan ortogonalmente al Cea, el cual es el colector principal de este sector de la Hoja. A su vez estos arroyos, junto con sus emisarios, conforman una red con tendencia dendrítica de densidad media. El grado de incisión es moderado (15-20m) respecto a las terrazas altas y medias del Cea, y poco incidida (5-10m) respecto a las bajas.

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

Los agentes externos, al actuar sobre la superficie del terreno, dan lugar a una serie de formas tanto erosivas como deposicionales. Estas formas, se agrupan según el agente y el proceso que las origina, en lo que se han denominado como "sistemas morfogenéticos".

Conocidas por una parte las características litoestructurales del conjunto de materiales detríticos subhorizontales, bastante homogéneos, pero que en detalle pueden dar lugar a una erosión diferencial neta (resaltando los niveles más competentes y/o cementados), y por otra, el principal agente que ha condicionado el modelado, la morfogénesis fluvial y en menor medida, los sistemas poigénicos de gravedad-vertiente, estructural y lacustre, se describirán a continuación, las

SAHAGUN-196

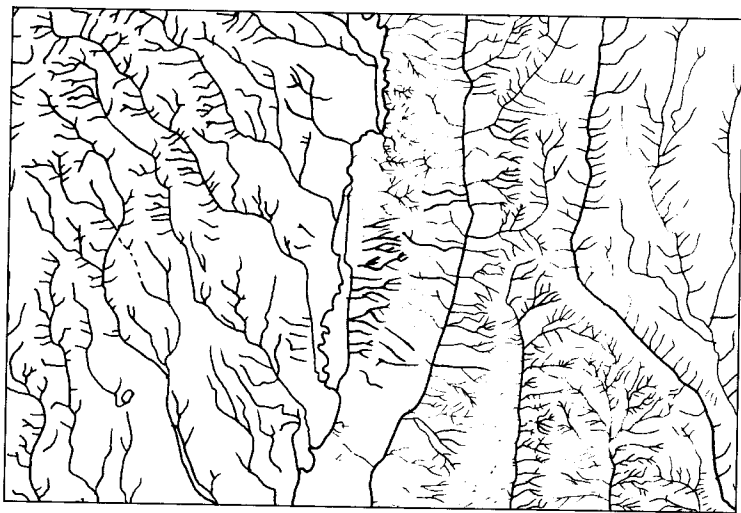


Fig. 4.2.- Esquema de la red de drenaje de la Hoja de Sahagún (196)

diferentes morfologías (formas) tanto de acumulación como de erosión, derivadas de la actuación de los agentes externos.

En este sentido, y como ya se mencionó anteriormente, son las formas fluviales las que tienen mayor significado y desarrollo. Otras formas, como son, los glacis, coluviones, replanos estructurales y lacustres, completan el conjunto de formas presentes en la Hoja, que se describirán a continuación agrupadas según el proceso generador.

### Formas fluviales

Como ya se ha mencionado, las terrazas fluviales son las formas acumulativas con mayor representación, sobre todo las relacionadas con el Cea y el Carrión, y en otro orden de magnitud, las del Valderaduey, así como las del resto de los afluentes secundarios, dentro del entorno de la Hoja.

Las terrazas representan las diferentes épocas de estabilidad entre sucesivas etapas de encajamiento fluvial, constituyendo una de las formas más interesantes para reconstruir la evolución cuaternaria de los valles.

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 PEREZ-GONZALEZ, 1989 ).

**Tabla I.- Escalonamientos y correlación de los niveles de terrazas correspondientes a los diferentes sistemas fluviales presentes en la Hoja de Sahagún.**

	CEA	VALDERADUEY	CARRION
T. ALTAS	+90 a +85-80 b +80-70 c +65-60 d		+90-85 a +85-80 b +80-75 c
T. MEDIAS	+55-50 e-e' +50 f +45 g +35-25 h	+50 f  +40-30 h	
T. BAJAS	+30-25 i +20-15 j-j' +12-10 k +10-8 l-l' +5 m	+30-25 i +25-15 j +15-10 k  +8-5 m	

El río Cea, en su proceso de encajamiento, ha dejado una serie de niveles de terrazas colgadas y/o solapadas (algunas complejas) en su margen dcha, por lo que el río se habría ido desplazando hacia el SE. Esto da lugar a una vertiente bastante escarpada (escarpe vivo) en la margen contraria, con desniveles del orden de 60m a la altura de Cea, y de 40m al sur de Sahagún. Los niveles más antiguos (terrazas altas) que aparecen, se sitúan entre +90 y +60m con relación al lecho actual. Las terrazas medias se disponen entre +55 y +35m; y las bajas, entre +30 y +5m.

Todas las terrazas altas y medias del Cea, son comunes con las del paleo-Esla, con el que confluía al norte de Mayorga (NOZAL y ESPINA 1994), antes de ser capturado por un afluente del Porma.

Por su amplio desarrollo y grado de conservación, en el tercio oriental de la Hoja, destacan los replanos a +90m-+75m correspondientes a las terrazas más altas del Carrión reconocidas en la zona, con que aparecen como terrazas colgadas.

Por último, en el río Valderaduey, que es autóctono de la Cuenca, se han identificado seis niveles escalonados en su margen dcha., que con relativa continuidad lateral se escalonan entre +50m y +5m sobre el fondo de valle.

La potencia de las terrazas es variable, aunque lo normal, es que estén entre los 1,5m y los 2m. A techo, suele desarrollarse un suelo más o menos evolucionado, y en función de la antigüedad del nivel, dan lugar a suelos aluviales, suelos pardos de vega, y suelos pardo-rojizos para los niveles más altos. Con independencia de las características del suelo en cada nivel, es frecuente que presenten un horizonte A, de carácter predegoso con pátnas de hierro-manganeso y espesor variable (20-4 cm), un horizonte Bt, de acumulación de arcilla y por último, el horizonte C.

En los niveles más bajos, y sobre todo en la llanura de inundación, el perfil se desarrolla sobre un nivel limoso (de inundación) de cierta importancia (de hasta 50 cm).

La llanura aluvial y el lecho actual son los depósitos aluviales más recientes de los cursos mayores, en este caso el Cea y el Valderaduey; la llanura aluvial presenta unos depósitos similares a las terrazas pero con un horizonte a techo de limos grises o pardos, que por su fertilidad, constituye las llamadas "vegas" de los ríos, de gran interés agrícola.

Su funcionalidad hoy en día es prácticamente nula al menos en toda su extensión, ya que en las épocas de mayor escorrentía, es el lecho actual el que recoge la totalidad del caudal, desbordándose este e inundando la llanura aluvial, solo en determinados puntos.

El régimen de escorrentía con caudales mínimos y máximos extremos, unido a un drenaje indeciso con numerosos, y poco profundos cauces, propiciaron frecuentes inundaciones en el Valderaduey en tiempos históricos y próximos (la última catastrófica en el invierno de 1959-60), anegando y depositando limos a lo largo de todo el valle. Buena prueba de ello es que el antiguo puente de dos arcos del Camino de Santiago, en la ermita de la Virgen del Puente (Sahagún), se encuentra actualmente soterrado casi dos metros por debajo del suelo. Los frecuentes desbordamientos obligaron a su encauzamiento artificial, excavándose un único y rectilíneo cauce, reforzado por dos diques laterales.



El lecho actual o "lecho aparente" del Cea aparece bien delimitado por sus márgenes, que están excavados 1-2m en la llanura de inundación. Por esta franja discurre de forma divagante el cauce activo, el cual migra de una orilla a otra dejando barras de gravas y arenas con cicatrices de acreción muy marcadas y huellas de antiguas zonas de circulación de agua, como cauces y meandros abandonados, a menudo conservados como zonas encharcadas.

Como fondos de valle se incluyen todos aquellos depósitos que tapizan la parte más baja (el fondo) de los valles y barrancos de la red secundaria presente en toda la Hoja. Su génesis puede ser puramente fluvial y más frecuentemente mixta, con aportes de materiales generados en las vertientes (soliflucción), sobre todo en aquellos con morfología en artesa, que son la mayoría de los existentes en la Hoja. Los depósitos con más desarrollo aparecen en la red secundaria, correspondiente a la mitad oriental de la Hoja, y al arroyo del Coso, en el sector occidental.

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

Los abanicos que alcanza mayor extensión se emplazan sobre la vega del Cea, generándose en la desembocadura de los arroyos de Los Navazos, Valle arriba, Parazuelo y de Valdecalzada.

Las formas denudativas son poco importantes, y en general escasas: La erosión lateral del cauce se produce en varios puntos del curso del Cea, quizás los más representativos al norte de Cea y en Sahagún, donde el río en su margen izquierda forma un "cantil" erosivo bastante escarpado, con riesgo de desestabilizar los restos del Castillo, algunos edificios urbanos y la carretera de Mayorga en Sahagún. En estas zonas se desarrollan también buenos ejemplos de cárcavas, forma que con diferente desarrollo está presente en toda la Hoja. Son consecuencia de la incisión lineal producida en la cabecera de los barrancos, en laderas de los interfluvios, o en los escarpes de formas planas colgadas.

Las zonas con acarreamiento intenso están presentes en varias localidades; las más representativas se encuentran en las inmediaciones de la localidad de Cea, sobre la vertiente escarpada del río. Destacan también las situadas entre San Pedro de Valderaduey y Joara, bien sobre el escarpe erosivo de la terraza del Carrión, bien sobre un interfluvio secundario, con bad-lands en cuchillo. Por último, en la cabecera del arroyo de los templarios, aparecen bad-lands de fondo plano, que debieron de originarse por un proceso de relleno desde las laderas, siendo activos (perfil en V) en un periodo anterior más húmedo, tratándose por tanto, de formas fósiles (PLANS, 1970).

La incisión lineal es muy patente en las vertientes surcadas por arroyos de la red secundaria que cortan las plataformas correspondientes a las terrazas altas. Sobre estas laderas muy verticalizadas, se desarrolla un conjunto de regueros cortos, juntos y paralelos entre sí, conformando con el colector principal un drenaje de tipo pinnado.

Se han reconocido dentro de la Hoja, fenómenos de captura en la red secundaria. El más evidente y reciente, ha tenido lugar en la mitad occidental, en el Monte de Valdelocajos. El valle muerto o colgado resultante, pasa precisamente por el caserío de la Finca, y por él discurre el

Camino de Santiago (calzada romana). La cabecera decapitada de este valle, aparece en el N y NE de Calzadilla de los Hermanillos y corresponde a los arroyos de Valdepresente y Vallejo. El causante de la captura, fué un pequeño afluente del arroyo del Coso, que discurre más al SO, el retroceso en cabecera de este afluente, capturó al Valdelocajos a la altura de la fuente de Los Coritos, quedando este último valle colgado actualmente unos 5m sobre el codo de captura.

El otro fenómeno de captura se deduce, entre otros datos, a partir de los retazos de terrazas que se conservan en la cabecera actual del río Sequillo, que indicarían que el curso alto de este río fué capturado por el Río Pequeño (afluente del Valderaduey), con posterioridad a la terraza (j). La antigüedad de esta captura ha desdibujado en gran parte sus rasgos, salvo esas terrazas colgadas en cabecera y el brusco cambio de dirección del Río Pequeño en la zona de captura.

### Formas poligénicas

Pertenecen a este grupo todas aquellas formas en cuya génesis ha intervenido más de un proceso. En el caso de esta Hoja, están representadas por los glacis, en los que han intervenido procesos de arroyada difusa y otros relacionados con la evolución de las vertientes.

Respecto a los glacis se han diferenciado dos tipos; el más antiguo, en el interfluvio Esla-Cea, se presenta encajado con respecto a la Raña y a la vez desconectado de las terrazas más altas de los principales ríos; por lo cual, debe interpretarse como una reelaboración de la superficie culminante en las primeras etapas de la morfogénesis fluvial. En la actualidad está muy incidido y colgado, conservándose como un conjunto de replanos a modo de cerros testigo que van perdiendo progresivamente cota (938-917m) hacia el Sur. Hacia el N y en ese mismo interfluvio está mejor conservado (Hoja de Almanza).

El otro tipo de glacis más modernos, presentan diferentes ubicaciones, por lo que, corresponderían en realidad a distintas generaciones que se han unificado cartográficamente. Tenemos, por un lado los glacis que arrancan del más antiguo, anteriormente descrito, y que enlazan con la terraza más alta del Esla, localizados en la esquina NE de la Hoja, al SE de la Cuesta del Hoyo y de Villacintor. En algunos casos dicho glacis está ya desconectado de la ladera actual, por incisión de la red secundaria, quedando colgado en cabecera.

En otros casos, los glacis están asociados a antiguas vetientes regladas que enlazarían terrazas y fondos de valle (arroyos de Parazuelos, Valle arriba, Loyo, Pequeño y río Sequillo). Por último, se han cartografiado también como glacis, los depósitos que enlazan las terrazas más antiguas del Valderaduey. Los depósitos de estas formas son fundamentalmente gravas cuarcíticas con matriz limosa y potencias entre 0,2 y 0,5m, desarrollándose sobre ellas suelos rojos semejantes a los de las terrazas con que enlazan. Presentan una pendiente intermedia entre un coluvión (ladera) y una auténtico pedimento; pudiendo considerarse por tanto, como un pié de ladera o "derrames" de las terrazas, originados principalmente por arrastre superficial.

### Formas de laderas.

Se han considerado aquí, los coluviones, depósitos de pié de vertiente originados por la acción conjunta de la gravedad, solifluxión y arroyada laminar en las laderas. Cartográficamente se ha

limitado su representación, pues gran parte de las vertientes actuales de la Hoja se encuentran regularizadas, estando tapizadas de canturreal y material fino que enmascara el sustrato terciario.

Sirven de enlace entre otras formas como terrazas, terrazas y fondos de valle, o terrazas y pedimentos.

### Formas estructurales.

Las formas estructurales son escasamente significativas dentro de esta Hoja, localizándose preferentemente sobre el interfluvio Cea-Valderaduey, entre las localidades de Cea y Villapeceñil. Confieren a este interfluvio una morfología de replanos escalonados y resaltes en graderío sobre la vertiente del Cea. Este tipo de relieve estructural se debe a la erosión diferencial entre capas resistentes (conglomerados, areniscas cementadas y caliches) y arenas y limos poco consolidados. Los replanos estructurales son subhorizontales al estar contruidos sobre capas con esa misma disposición. Gran parte de ellos, corresponden a niveles conglomeráticos similares a los depósitos de terrazas, la diferenciación de estas se hace posible por la presencia en los replanos de cantos de caliza (conglomerados polimícticos) niveles cementados y cerros cónicos (residuales) de limos terciarios sobre dichos replanos.

Los escarpes estructurales son todos aquellos que limitan los replanos, aunque al ser los estratos terciarios poco potentes, los desniveles que se generan son discretos. Los resaltes de capas duras se deben mayoritariamente a los niveles más compactos, cuya presencia origina en las laderas relieves en graderío de pequeña entidad.

### Formas lacustres.

Se han diferenciado dos tipos de formas lacustres; por un lado una laguna permanente (de fluctuación estacional), conocida como Laguna Grande, que alcanza en su máximo nivel unas dimensiones próximas a los 400m de diámetro, aunque con escasa profundidad (2-3m). Esta laguna aparece localizada en el término municipal de Bercianos del Real Camino, 2 Km al SE de dicha población. Se ubica al pie del escarpe de la terraza (g), y ligeramente excavada sobre la terraza h) del Cea. En este humedal es frecuente la presencia de anátidas, sobre todo en la época de nidificación y cría.

La otra forma, situada al SO y próxima a la anterior, corresponde a La Laguna de Gordaliza del Pino, que aparece ubicada en una profunda depresión (10m) sobre la terraza (f) del Cea. Esta laguna ha sido desecada artificialmente drenando las aguas hacia el arroyo de Valdepalacio.

Existen además, en todo el sistema de terrazas del Cea, multitud de lavajos de reducidas dimensiones (50-100m), también de funcionamiento estacional, que al desecarse en el período de estiaje, se muestran como suaves depresiones con fondo plano recubiertas de arcillas y limos grises de decantación.

Aunque el origen de todas estas formas, como ya se mencionó anteriormente, parece relacionarse con cubetas erosivas causadas por deflación eólica (MOLINA, E. 1982). Sin embargo en el caso de las dos formas mayores parecen haber actuado otros procesos en su formación. Así, en el caso de la Laguna Grande parece claro la existencia de un drenaje deficiente, causado por el

emplazamiento de un abanico aluvial en la desembocadura del arroyo del Condado, mientras que en el caso de la laguna desecada de Gordaliza, ubicada en fondo de una depresión, se propone la karstificación de niveles de calcimorfos emplazado por debajo de los depósitos de terraza, como el fenómeno desencadenante del endorreísmo inicial, que daría lugar inicialmente a una dolina de karst cubierto.

#### Formas antrópicas.

Corresponden a los asentamientos y actividades humanas, habiéndose diferenciado: los núcleos urbanos, el canal de riego de los Payuelos, que pondrá en regadío las terrazas altas del Cea y trasvasará aguas del Esla al Cea; los diques laterales para el encauzamiento artificial del río Valderaduey, y también los terraplenes (relleno) y/o escarpes (corta) artificiales de la vía del ferrocarril, al cruzar la llanura de inundación del Cea.

#### **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 finineógeno 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 este caso el paisaje finineógeno vendría definido por los últimos episodios sedimentarios de los abanicos silíceos de Guardo, Cegoñal ? y Vidanes; a partir de los cuales, y puesto que la disposición de los principales cursos de agua es prácticamente la misma que la de los abanicos neógenos, se iniciaría la disección.

El comienzo del proceso de disección, que habitualmente se ha considerado como el tránsito Neógeno-Cuaternario, de acuerdo con MARTIN-SERRANO (1988 a, 1991), sería 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 Esla, Cea y Carrión, progresando el encajamiento precisamente en ese orden, es decir hacia el Este. A lo largo de este proceso se produce la erosión y vaciado del relleno neógeno y se desarrollan numerosos niveles de acreción lateral que constituyen las terrazas, conformando una serie de plataformas escalonadas a partir del techo del piedemonte.

La morfología disimétrica de los valles y de las terrazas, reflejan tanto en Cea como en el Carrión y en el Valderaduey una migración hacia el Este

Ligeramente retardada en el tiempo se originaría y encajaría la red secundaria, constituida por los ríos Valderaduey, Sequillo, Templarios y de la Cueva, y por último, la red menor de arroyos y barrancos.

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

La Hoja de Sahagún no evidencia procesos geológicos recientes tanto denudativos como sedimentarios de importancia. 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. La incisión de barrancos y cárcavas, y los procesos de ladera, tienden a rebajar los interfluvios con el fin de conseguir un mayor equilibrio y homogeneización del relieve.

La erosión lateral en el cauce del Cea, tiene lugar en la actualidad a nivel local, por migración lateral del cauce en las zonas de meandro, produciendo socavamiento en los márgenes cóncavos de estos; en las proximidades de Sahagún conlleva además la desestabilización de taludes.

Dado el desnivel (del orden de 30m) existente en los cauces entre el Cueva y la cabecera del arroyo de Los Templarios y la proximidad de los mismos, es más que probable la captura del primero, debido al retroceso y erosión que la cabecera (parte oriental) de la red secundaria del arroyo de Los Templarios, efectúa sobre el estrecho interfluvio existente entre ambos.

Los procesos sedimentarios más importantes y recientes tienen lugar en los lechos actuales y en los fondos de valle, originando barras de gravas y arenas.

## **5. HISTORIA GEOLÓGICA.**

La historia geológica de la Hoja de Sahagún, se enmarca estrechamente con la evolución tecto-sedimentaria del borde septentrional de la Cuenca del Duero, consecuencia del levantamiento de la Cordillera Cantábrica.

En la Hoja no existe un registro sedimentario completo del Terciario como para poder establecer una cronología, lo suficientemente detallada, de los acontecimientos acaecidos en su evolución como cuenca continental.

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 (Laramías) 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.

A comienzos del Paleógeno, la definición de áreas emergidas (relieves) queda establecida, creándose subcuencas en un ambiente continental, que va a caracterizar a toda la zona a lo largo del Terciario. Durante todo el paleógeno se va perfilando como tal relieve la Cordillera Cantábrica, instalándose una orla de abanicos aluviales en todo el borde meridional.

A finales del Oligoceno-Mioceno inferior, se acentúa el relieve de la cordillera por el desarrollo de un frente meridional tectónicamente muy activo y con subsidencias importantes hasta el Mioceno medio-superior (fases Castellana y Neocastellana). De esta forma, se inicia un nuevo ciclo que da lugar a importantes rellenos sedimentarios, definiéndose la geometría de este sector de la Cuenca con una disposición bastante similar a la actual. En relación con el frente mon-

tañoso se sigue manteniendo la orla de abanicos aluviales de caracter polimíctico, los cuales muestran una sucesión globalmente progradante y típicamente sinorogénica por las discordancias sintectónicas que se identifican. 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.

En Mioceno superior-Plioceno tiene lugar el depósito de lo que en otras zonas, distintos autores han englobado bajo el término de Rañas. Estos depósitos, con cierto carácter progradante, representarían las últimas acumulaciones con expresión morfológica conservada.

Con el comienzo de la gliptogénesis fluvial, queda concluida la etapa endorreica de la Cuenca, y comienza su exorreísmo hacia el Atlántico; proceso que tiene que llevar evidentemente (MARTÍN-SERRANO 1988 a) por captura de la Cubeta Castellana al progresar desde el Atlántico sobre el zócalo hercínico la red fluvial neógena.

Tradicionalmente el inicio del encajamiento fluvial marcaría el tránsito Neógeno-Cuaternario, aunque como ya se ha mencionado con anterioridad, necesariamente se trata de un proceso progresivo a nivel cuencal, y por tanto heterocrono. 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 va definiendo la red fluvial actual, que a la vez que va desmantelando los depósitos terciarios, construye y abandona mediante sucesivos encajamientos del cauce, extensas plataformas de canturales cuarcíticos correspondientes a las terrazas. En el Holoceno la morfogénesis fluvial continúa, reflejándose su acción, por una parte, en los depósitos más recientes de la red fluvial, y por otra en la actuación junto con otros procesos morfodinámicos que tienden conjuntamente a rebajar los interfluvios.

## **6.GEOLOGÍA ECONÓMICA.**

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

La naturaleza litológica de los materiales que afloran en la Hoja restringen exclusivamente el aprovechamiento de los mismos a las denominadas "rocas industriales"; siendo las sustancias que han sido o son aprovechadas las siguientes:

Aridos naturales: En la Hoja tan solo existe una explotación permanente, con planta de tipo industrial, para el aprovechamiento de materiales cuaternarios, como áridos naturales. Las sustancias que se extraen, son arenas y gravas del mismo curso del Cea, 1 Km aprox. al oeste de Sahagún, principal centro de demanda, estimándose las producciones en unos 3.000m<sup>3</sup>. Las características de los materiales explotados, los hacen aptos para la fabricación de hormigón.

Otras extracciones, tienen carácter exclusivamente local y temporal, en función de necesidades concretas; 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, siendo muy numerosos los puntos donde se han realizado las extracciones. Se han utilizado dentro de la Hoja, en la construcción del canal de los Payuelos y en la extensa red de pistas y carreteras.

Se trata de pequeñas excavaciones superficiales, habiéndose reconocido extracciones superficiales y pequeñas canteras, en depósitos terciarios y fundamentalmente cuaternarios de distintos tipos: terrazas, fondos de valle y glaciares, limitadas a la potencia de los depósitos (1-3m).

**Limos arcillosos y arcillas:** Se han aprovechado estos materiales, pertenecientes a la Unidad polimíctica, para la realización de adobes, elemento constructivo básico en la arquitectura popular de la región, hoy en desuso, o tan solo utilizado para remozar antiguas construcciones. También se utilizaron para la fabricación de productos más elaborados como, ladrillos y tejas, de forma industrial en Sahagún y artesanalmente, con horno árabe, en Cea.

**Arenas:** Al sur de Cea y próximos a la carretera de Sahagún, se han extraído, en pequeños "sacatierras", arenas finas calibradas para construcción, que excepcionalmente, pueden aparecer en niveles asociados al relleno de canales de la Unidad Polimíctica.

**Piedra de cantería:** Algunos niveles de areniscas cementadas y de caliches compactos, fueron explotados en la antigüedad, tanto en Sahagún como en Cea, para la construcción como sillería de edificios singulares; reconociéndose en las inmediaciones de dichas localidades antiguos socavones para la extracción de bloques.

## 6.2. HIDROGEOLOGÍA.

La Hoja de Sahagún, de acuerdo con la distribución de los Sistemas Acuíferos en la península (NAVARRO et. al 1989), hidrogeológicamente formaría parte del Sistema Acuífero nº 8-Región Norte, o del Esla-Valderaduey (Fig. 6.1). 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 (1-3m) y poca profundidad (3-10m). Los acuíferos superficiales más importantes corresponden a los páramos detríticos y a las llanuras aluviales de los ríos.

Los páramos detríticos corresponden en este caso, a terrazas que están desconectadas hidráulicamente por ser niveles topográficamente colgados. Los espesores de estos depósitos son variables, oscilando normalmente entre 1,5 y 5m; se apoyan sobre los materiales detríticos miocenos con los que se conectan hidráulicamente mediante percolación.

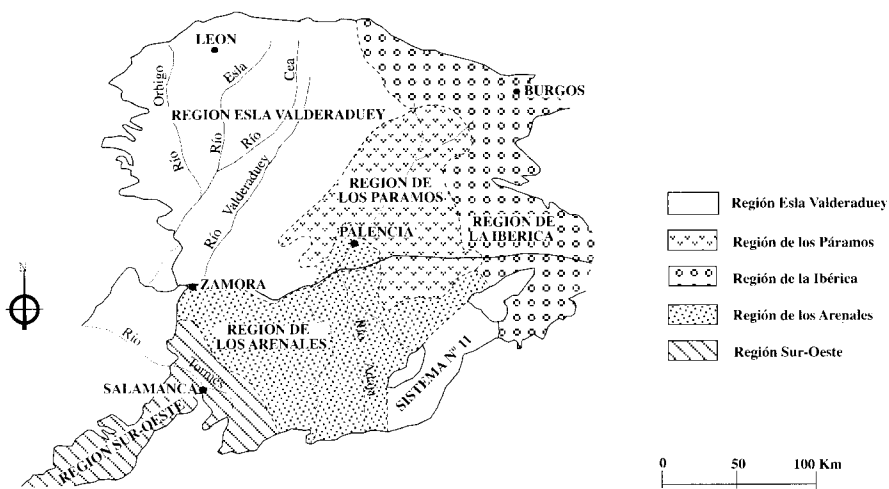


Fig. 6.1.- Distribución de los Sistemas Acuíferos en la Cuenca del Duero. (Tomada de Navarro et. al. 1989).



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, con las cuales pueden estar conectados. Localmente, se pueden obtener caudales interesantes en la llanura aluvial del Cea, presentando el inconveniente de la alta vulnerabilidad frente a la contaminación.

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

Litológicamente, están constituidos por niveles discontinuos (lentejonares) de conglomerados y arenas de potencia métrica, intercalados en una matriz semipermeable de limos arenosos y arcillas, que funcionan en conjunto, como un acuífero único heterogéneo y anisótropo. La circulación del agua subterránea se establece desde los interfluvios hacia los ríos (Fig.6.2)., en cuyos valles son frecuentes los sondeos surgentes.El nivel piezométrico es variable en la vertical de un pozo en función de la profundidad del mismo.

Los caudales específicos obtenidos son muy variables (0,5-20 l/seg.), al igual, que otros parámetros hidráulicos que están también condicionados por la distribución, potencia y frecuencia de los niveles de arenas y gravas atravesados (ver Tabla II); así como, por la granulometría, tanto de estos como de la matriz que los engloba; influyendo también muy directamente, la técnica de perforación efectuada y el posterior "desarrollo" del pozo.

La calidad química de estas aguas subterráneas se clasifican como bicarbonatadas cálcico-magnésicas, siendo aptas para el consumo humano.

Utilizando las columnas litológicas y/o testificación geofísica de sondeos hidrológicos facilitados por el ITGE se ha realizado (REDONDO et. al.,1995) una posible correlación de los niveles acuíferos del subsuelo de esta Hoja (Fig. 6.3). Los acuíferos de los sondeos se corresponden sobre todo, con niveles de arenas y, por supuesto, con los esporádicos niveles de gravas que aparecen.

Estas correlaciones deben tomarse únicamente a título ilustrativo del modelo de "acuífero multicapa" que conforman, puesto que en la mayor parte de los casos, la distancia entre los sondeos es muy grande en comparación con el espesor de los niveles y además, la escasa continuidad lateral que suelen presentar las facies gruesas en las partes medias-distales de abanicos aluviales o en los sistemas fluviales que caracterizan el relleno sedimentario de esta zona de la Cuenca del Duero.

# CORTE E-O.

O.

E.

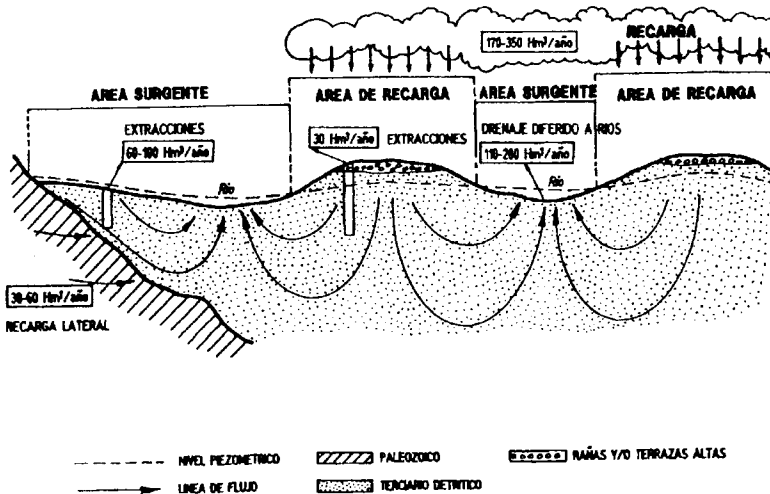


Fig. 6.2.- Esquema del flujo subterráneo en la Región del Esla-Valderaduey.(Modificado de Navarro et. al. 1989).

**Tabla II.- Datos hidrogeológicos obtenidos en diferentes sondeos de la Hoja de Sahagún (inventario de puntos de agua del ITGE).**

<b>Localización N° Inventario</b>	<b>Profundidad</b>	<b>N° Niveles</b>	<b>Espesor niveles</b>	<b>Emplazamiento niveles</b>	<b>Caudal y otros datos</b>
Sta. Mª Del Monte de Cea 1-078	400 m	7	4-2m	210-395	6 l/s niv.p.-1 m
Villacalabuey 2-001	313 m.	3	6-2m	25-27,240- 246,300-?	1 l/s. Surgente
S Pedro de Valderaduey 3-001	550 m	5	6-3m	63-69, 138-, 292-336194	0,8 l/s niv. p.-1m
Cea 3-002	550 m	5	20-3m	206-269, 397 -349	6 l/s Surgente
Gordaliza del Pino 5-001	650 m	4	11-10m	163-174, 223- 282, 522-532	5 l/s Surgente
Codornillos 6-001	630 m	8	12-3m	190-246, 340 -467, 526-563	5-22 l/s Surgente Termal 30°
Calzadilla de los Hermanillos 1-001	550 m	6	12-2m	82-86,131-161, 278-273, 509- 519	5,5 l/s
Castellanos 1-002	550 m	4	10-3m	12-26,114-121, 287-290, 509 -515	7 l/s
Sahagún 6-089	500 m	2	5-2m	3-5 aluvial 355-360 td.	1 l/s
Sahagún 6-090	500 m	3	10-4m	147-154, 228- 232, 448-458	0,5 l/s
Terradillos de los Templarios 8-012	200 m	6	4-1m	73-111, 140-187	
Caserío Villátima 8-001	300 m	2	4-10m	12-22,118-158	0,5 l/s niv.p. -2m

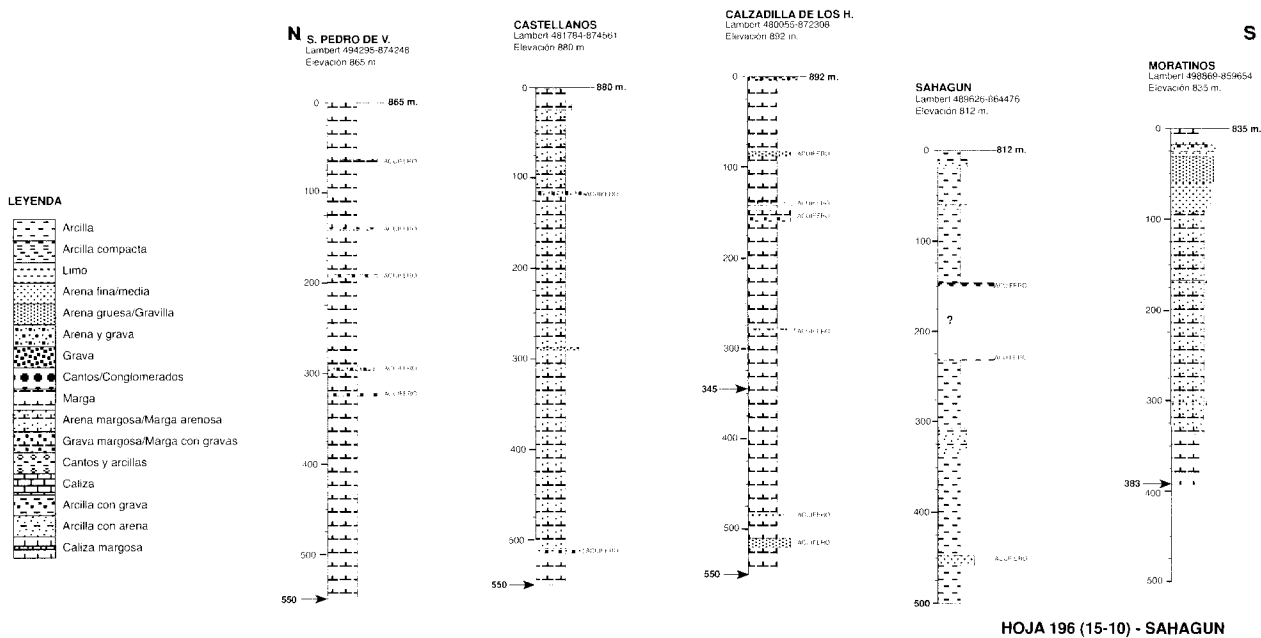


Fig. 6.3.- Esquema de correlación de niveles acuíferos en la Hoja de Sahagún(196) obtenido a partir de la información de sondeos hidrogeológicos. Modificado de Redondo et. al. (1995).

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- AEROSERVICE LTD. (1967).- Mapa Geológico de la Cuenca del Duero, E. 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 y PULGAR, J.A. (1993) -La deformación alpina en el basamento hercínico de la zona Cantábrica. *Resumes. XV Reunión de Xeoloxía e Minería do NO Peninsular. Laboratorio Xeoloxico de Laxe*. 69-71.
- ALONSO, J.L; PULGAR, J.A.; GARCIA-RAMOS, J.C. y BARBA, P. (1995).- 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 GARCIA-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.* (JACA), 19-22.
- ARAGONES, E. (1982).- *Memoria y Mapa Geológico de España de la Hoja nº 164. (Saladaña)*. 2ª Serie-MAGNA. IGME . Madrid. 34 pp.
- 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 pp.
- BOILLLOT, G y MALOD, J. (1988).- The north and north-west spanish continental margin: a review. *Rev. Soc. Geol. España*, 1 (3-4), 295-316.
- CARRERAS, F. y OLIVÉ, A. (1982 a).- *Memoria y Mapa Geológico de España E. 1:50.000, nº 197, (Carrión de los Condes)*. 2ª Serie-MAGNA. IGME. Madrid. 44 pp
- CARRERAS, F. y OLIVÉ, A. (1982 b).- *Memoria y Mapa Geológico de España E. 1:50.000, nº 235, (San Cebrián de Campos)*. 2ª Serie-MAGNA. IGME. Madrid. 37 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.; GARCIA-RAMOS, J.C.; MANJON, 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.; GARCIA-RAMOS, J.C.; MANJON RUBIO, M.; GUTIERREZ ELORZA M. Y MOLINA, E. (1982 b).- *Memoria y Mapa Geológico de España, esc. 1:50.000. Hoja 131 (Cistierna)*. 2ª Serie-MAGNA. IGME. Madrid. 95 pp.

- DE JONG, J.D. (1971).- Molasse and clastic-wedge sediments of the southern Cantabrian Mountains (NW Spain) as geomorphological and environmental indicators. *Geol. Mijnbouw*, 50, 399-416.
- 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.* 33, 1-55.
- EVERS, H. J. (1967).- Geology of the Leonides between the Bernesga and Porma rivers, Cantabrian Mountains, NW Spain. *Leidse Geol. Meded.*, 41, 83-151.
- GARCIA-RAMOS, J.C.; COLMENERO, J.R. y MANJON, 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.
- GARCIA-RAMOS; J.C. ; VARGAS, I; MANJÓN, M y COLMENERO, J.R. (1982 b). Memoria y Mapa Geológico de España, E. 1: 50.000. Hoja 132 (Guardo). 2ª Serie-MAGNA. IGME. Madrid. 75 pp.
- 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.
- GRACIA PRIETO, F.J.; MORENO F. y NOZAL, F (1991).- Neotectonics and associate Seismicity in the NorthWestern Duero Basin. *Monografías IGN*, Nº 8, 255-267.
- GRACIA PRIETO, F.J.; NOZAL MARTIN, F; PINEDA VELASCO, A. Y WOUTERS DE VRIES, P.F. (1990).- Superficies de erosión neógenas y neotectónica en el borde NE de la Cuenca del Duero. *Geogaceta*, 7, 38-40.
- HERNANDEZ PACHECO, E. (1915).- Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia. *Trab. de la Com. de Invest. Paleont. y Prehist.* 5, 204 pp.
- HERNANDEZ-PACHECO, E. (1932).- Síntesis fisiográfica y geológica de España. *Trab. Mus. Cienc. Nat. Serie Geológica.* 38, 1-584.
- HERNANDEZ-PACHECO, E. (1956).- Significación y génesis fisiográfica del Portillo de Cijara en el Guadiana. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* 54, 5-39.
- HERNANDEZ-PACHECO, F. (1957).- Las formaciones de raña de la Península Hispánica. *Resumés des Comun. V Congreso Internacional. INQUA. Madrid-Barcelona.* 78-79.
- HERNANDEZ SAMPELAYO, P.; LACASA, F. y COMBA, A. (1929).- *Memoria y Mapa Geológico de España*, E. 1: 50.000 nº 196 (*Sahagún*) 1ª Serie. IGME. Madrid. 24 pp.

- HERNANDEZ SAMPELAYO, P. (1933).- *Memoria y Mapa Geológico de España*, E. 1: 50.000 nº 162 (*Gradefes*). 1ª Serie. IGME. Madrid
- HERNANDEZ SAMPELAYO, P. (1934).- *Memoria y Mapa Geológico de España*, E. 1: 50.000 nº 163 (*Villamizar*). 1ª Serie. IGME. Madrid.
- HERRERO, A.; NOZAL, F.; SUÁREZ RODRÍGUEZ A. y HEREDIA, N. (1994).- Aportación al Neógeno de la Provincia de León. En: *Comunicaciones II Congreso del G.E.T. (JACA)*. 133-136.
- IGME. (1970).- *Mapa Geológico de España*, E. 1: 200.000, nº 19 (León). Síntesis de la cartografía existente. 1ª edición. IGME. Madrid.
- LOPEZ OLMEDO, F.; ENRILE ALVIR, A.; CABRA GIL, P. (1991a).- *Memoria y Mapa Geológico de España*, E. 1: 50.000 nº 165 (*Herrera de Pisuergra*). 2ª Serie-MAGNA. ITGE. Madrid.
- LOPEZ OLMEDO, F.; ERILE ALVIR, A.; CABRA GIL, P. (1991b).- *Memoria y Mapa Geológico de España*, E. 1: 50.000 nº 133 (*Pradanos de Ojeda*). 2ª Serie-MAGNA. ITGE. Madrid.
- MABESOONE, J.M. (1959).- Tertiary and Quaternary Sedimentation in a part of the Duero Bassin (Palencia, Spain). *Leidse Geol. Meded.* 24, 31-180.
- MANJON, M.; COLMENERO, J.R.; GARCIA-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.
- MANJON, M.; GARCIA-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.
- MARTIN-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.
- MARTIN-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.
- MARTIN-SERRANO, A. (1989).- Características, rango, significado y correlación de las series ocreas del borde occidental de la Cuenca del Duero. *Stud. Geol. Salmant. Univ. Salamanca*, 5, 239-252 pp.
- MARTIN-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.

- MEDIAVILLA, R. y DABRIO, J.C. (1986).- La sedimentación continental del Neógeno en el sector Centro-Septentrional de la Depresión del Duero (provincia de Palencia). *Stud. Geol. Salmant. Univ Salamanca*, 22, 111-132.
- MOLINA, E. (1982).- Cuaternario y formaciones superficiales. En: *Memoria de la Hoja MAGNA nº 164, (Saldaña)*. 2ª Serie-MAGNA. Madrid. 18-22.
- MOLINA y PEREZ-GONZALEZ (1989). Depresión del Duero. En: *Mapa del Cuaternario de España*. ITGE. 156-161.
- NAVARRO, A.; FERNANDEZ, 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. Madrid. 79-90.
- NOZAL, F. (in 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 MARTIN-SERRANO, A. (1989).- *Memoria y Mapa Geológico de la Hoja nº 709, (Anchuras)*. 2ª Serie-MAGNA. ITGE. Madrid.
- NOZAL, F. y ESPINA, R.G. (1994).- Evolución morfológica del Esla: Un ejemplo de captura. *Resúmenes. XVI Reunión de Xeología e Minería do NO Peninsular. Lab. Xeológico de Laxe*, 23-26.
- OLIVE DAVO, A.; PORTERO GARCIA, J.M.; OLMO ZAMORA, P. del; ARAGONES VALLS, E.; CARRERAS SUAREZ, F; MOLINA, E.; GUTIERREZ ELORZA. (1982).- El Sistema De Terrazas Del Río Carrión. *I Reunión sobre La Geología de La Cuenca del Duero*, Salamanca, 1979. *Temas Geol. Min, IGME*, VI, 451-463.
- PENAS, A.; GARCIA GONZALEZ, M.E.; HERRERO, L. y PUENTE, E. (1995) .- Bioclimatología y vegetación. En: *Atlas del Medio Natural. de la Provincia de León*. ITGE-Diputación Provincial de León.
- PEREZ-GONZALEZ, A. (1979).- El límite Plioceno-Pleistoceno en la submeseta meridional en base a los datos geomorfológicos y estratigráficos. *Trab. Neógeno Cuaternario*, CSIC, 9, 23-26.
- PEREZ-GONZALEZ, A. (1989).- Depresión del Duero. En: *Territorio y Sociedad en España, I. Geografía física.*, (Coord: V. Bielza). 162-175.
- PEREZ-GONZALEZ, A.; MARTIN-SERRANO, A. y POL MENDEZ, C. (1994).- Depresión del Duero. En: *Geomorfología de España*. Ed. Rueda. 351-388.



- PORTERO, J.M.; DEL OLMO, P.; RAMIREZ, J. y VARGAS, I. (1982).- Síntesis del Terciario continental de la Cuenca del Duero. *Temas Geol. Min.*, 6, I.G.M.E. 11-37.
- PORTERO, J.M.; DEL OLMO, P. y OLIVE, 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.
- PULGAR, J.A. y ALONSO, J.L. (1993).- La estructura alpina de la Cordillera Cantábrica. *Resúmenes. XV Reunión de Xeología e Minería do NO peninsular. Laboratorio Xeolóxico de Laxe*. 68-69.
- ROYO GOMEZ, J. (1930).- Descubrimiento de restos de "Mastodon" en las cercanías de León. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Not.*, Tomo 30, 395-396.
- SUAREZ RODRIGUEZ, A.; BARBA, P.; HEREDIA, N.; RODRIGUEZ FERNANDEZ, L. R.; FERNANDEZ L.P. y HERRERO, A. (1994).- *Mapa Geológico de la Provincia de León* E.1:200.000 . ITGE-Diputación Provincial de León.