



IGME

270

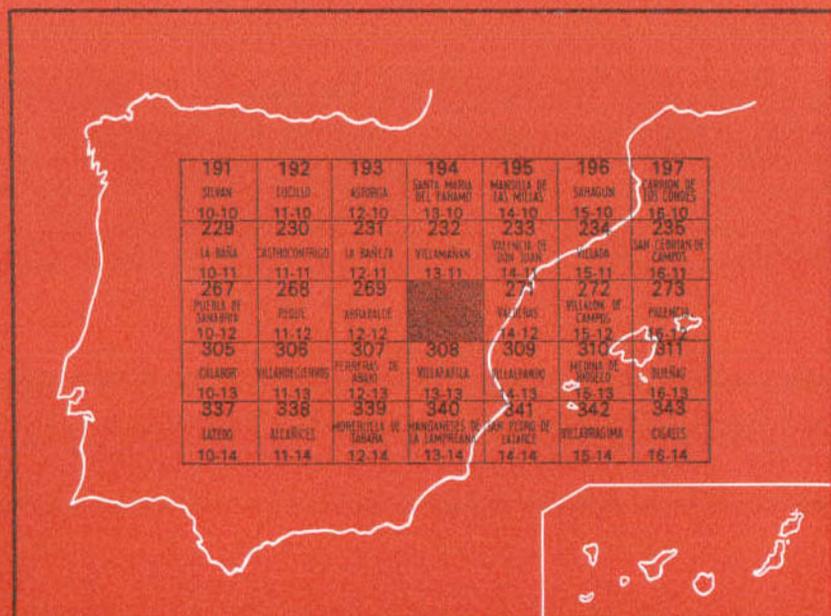
13-12

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

BENAVENTE

Segunda serie - Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

BENAVENTE

Segunda serie - Primera edición

SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

La presente Hoja y Memoria han sido realizadas por IBERGESA con la colaboración del Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Salamanca, bajo normas, dirección y supervisión del IGME, habiendo intervenido:

Por IBERGESA: Barba Martín, A., en la confección de la Memoria y geología de campo, y López García, M.^o J., y Cabra Gil, P., del Departamento de Petrología. La geología económica ha corrido a cargo de Mena Inglés, J. M., y Maura, C.

Por la Universidad de Salamanca: Cembranos Pérez, M.^o L., y García Sánchez, A., bajo la supervisión de Saavedra Alonso, J., Doctor en Ciencias Químicas y Geológicas.

Micropaleontología: Granados, L.

En la confección de la cartografía se dispuso de la información suministrada por García Argüeso, J. M.^o, y Manjón, M.

INFORMACION COMPLEMENTARIA

Se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Geológico y Minero de España existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria constituida fundamentalmente por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Informes petrográficos, paleontológicos, etc., de dichas muestras.
- Columnas estratigráficas de detalle, con estudios sedimentológicos.
- Fichas bibliográficas, fotografías y demás información varia.

Servicio de Publicaciones - Doctor Fleming, 7 - Madrid-16

Depósito Legal: M - 33.064 - 1981

Imprenta IDEAL - Chile, 27 - Teléf. 259 57 55 - Madrid-16

INTRODUCCION

La presente Hoja se encuentra situada en la parte occidental de la cuenca terciaria del Duero, en el límite con los macizos hercínicos que por este lado la enmarcan. Corresponde al área donde las últimas alineaciones de éstos se sumergen bajo la cobertera terciaria, algunas de las cuales quedan representadas en esta Hoja.

La región está recorrida por los ríos Orbigo, Esla, Cea, Tera y Eria, provenientes los tres primeros de la Cordillera Cantábrica y los dos últimos de las montañas de Sanabria. Confluyen en el ámbito de esta Hoja o en áreas muy próximas. Han dejado importantes depósitos dispuestos en terrazas de gran extensión, que junto con los aluviones de sus valles actuales cubren aproximadamente el 70 por 100 del área de esta Hoja.

Aparte de los clásicos estudios de PUIG y LARRAZ (1883), E. HERNANDEZ-PACHECO (1915) y F. HERNANDEZ-PACHECO (1930), en las provincias de Zamora, Palencia y Valladolid respectivamente, las principales aportaciones para la confección de la Hoja han sido las de Ph. MATTE (1968) y E. MARTINEZ GARCIA (1973) en el Hercínico, J. M. MABESOONE (1961) para el Terciario y la de R. ESPEJO y otros (1973) sobre las terrazas fluviales. Pero ha sido en la datación cronológica donde la aportación bibliográfica ha constituido nuestra única fuente de información. En el Hercínico se ha seguido a los dos autores ya citados y en el Terciario los trabajos de F. BERGOU-NIOUX y F. CROUZEL (1958) y M. T. ALBERDI y E. AGUIRRE (1970).

1 ESTRATIGRAFIA

La mayor parte de los materiales representados en el ámbito de esta Hoja son de edades Terciaria y Cuaternaria, que cubren discordantemente a otros más antiguos de edad Hercínica, que forman el basamento de la cuenca. Estos últimos van paulatinamente emergiendo de ellos hacia el O, formando largas y escarpadas sierras que comienzan por pequeños asomos.

Del Hercínico quedan representados dos dominios: El del «Domo de Lugo» y el del «Ollo de Sapo», pertenecientes a las zonas III y IV respectivamente, definidas por MATTE, Ph. (1968). En la serie del primero sólo está representado el Cámbrico Inferior, mientras en la del segundo desde el Precámbrico-Cámbrico hasta el Ordovícico Inferior inclusive. De éste último, la base aflorante es al menos claramente metamórfica y representada por la facies que le da el nombre.

Las series terciarias, pertenecientes al Mioceno, son de carácter continental. En ellas se han distinguido dos facies, de las que la más occidental corresponde a la facies de borde propia de esta región. Pasa insensiblemente a la oriental, que presenta claros síntomas de resedimentación en algunos niveles, en parte, posiblemente, a expensas de la anterior.

De los depósitos cuaternarios, son los fluviales los de más amplio desarrollo, tanto por su extensión como por la importancia de los aterramientos.

La datación cronológica ante la ausencia o banalidad de la macro o microfaua contenida en las series se ha realizado por las citas bibliográficas. En el caso del Mioceno, nos hemos apoyado en los trabajos que proporcionaban una visión regional de los yacimientos de vertebrados, ya que dada la falta de precisión en el establecimiento de la cronoestratigrafía de la cuenca, y la imposibilidad de establecer correlaciones por lo precario de los afloramientos, al menos nos proporcionaban una datación a nivel de grandes facies. Uno de ellos se localiza en la presente Hoja.

1.1 DOMINIO DEL «OLLO DE SAPO»

1.1.1 PRECAMBRICO-CAMBRICO (PC-CAÇ)

Los materiales de esta edad, pertenecientes a la serie del «Ollo de Sapo», están escasamente representados en la presente Hoja. Sus afloramientos, muy reducidos, se encuentran en el área de Quintanilla de Urz, en el límite con la vecina Hoja de Arrabalde (12-12). Representan la zona de inmersión, en las arcillas miocenas, de una alineación proveniente de la citada Hoja.

La serie está formada por cuarzoesquistos porfiroides, plagioclásicos o no, en los que las glándulas de cuarzo (hasta 5 ó 6 mm.) están orientadas según la esquistosidad y son mayores que las de plagioclasa, si existen. Ambas la deforman intensamente.

Los plagioclásicos tienen glándulas aún mayores (hasta 10 cm.) formadas por un agregado de pequeños cristales en los que a simple vista son, al menos, reconocibles, el cuarzo y las plagioclasas. La textura de estos esquistos es porfidogranolepidoblástica y en la que los fenocristales citados tienen un tamaño máximo que no llega a 2 mm., generalmente xenomorfos. Presentan micas transversales clorita-biotita en una matriz bien esquistosada cuarzo-moscovítica.

Los no plagioclásicos tienen textura granolepidoblástica, y presentan micas preesquistosas transversas en fenoblastos de clorita.

1.1.2 ORDOVICICO INFERIOR. SKIDAWIENSE

Está representado por dos series, que consideramos concordantes, siguiendo la bibliografía regional (MARTINEZ GARCIA, E., 1973). Su contacto queda oculto por los sedimentos miocenos, tanto en esta Hoja como en la prolongación de sus afloramientos por la vecina de Arrabalde (12-12).

La más inferior se superpone concordantemente a la de esquistos porfiroides, y está constituida esencialmente por cuarzoesquistos y filitas con intercalaciones lenticulares de cuarcitas, que pueden alcanzar gran potencia.

La superior la forman en su totalidad cuarcitas en bancos.

1.1.2.1 Cuarzoesquistos con filitas y cuarcitas (O_{12}^1 y T_1)

Aflora esta serie, únicamente, al N de Quintanilla de Urz, formando las alineaciones entre Teso Largo y Peñas Altas, en el límite con la Hoja de Arrabalde. A ella también atribuimos otros pequeños apuntamientos de cuarcitas situados en el valle que desemboca en Manganeses de la Polvorosa, en su cabecera y hacia la mitad de su recorrido.

Su potencia es difícil de estimar al estar muy enmascarada por los coluviones que se desarrollan al pie de las pequeñas alineaciones de cuarcita, lo que impide ver la estructura de plegamiento. MARTINEZ GARCIA, E. (1973) le atribuye una potencia total a la serie del orden de los 500 m.

Se superpone a la serie del «Ollo de Sapo», sin que conozcamos las relaciones entre ambas por no aflorar el contacto. No obstante, está considerado como gradual por MARTINEZ GARCIA, E. (1973).

La serie está formada esencialmente por cuarzoesquistos y filitas grises con intercalaciones lenticulares de cuarcitas, que pueden alcanzar considerable potencia (Peñas Altas).

Los cuarzoesquistos contienen abundante mica blanca en lechos orientados, constituidos por pequeñas láminas de neoformación o por otras de mayor tamaño, algo curvadas, que pudieran ser heredadas. También biotita (cloritas) en láminas aisladas, sin orientación. La textura es granoledipoblástica y como minerales accesorios además de opacos, se encuentran leucoxeno, albita, turmalina, circón y apatito.

Las intercalaciones de cuarcitas grises y blancas se presentan bien estratificadas, siendo frecuentes en ellas las laminaciones cruzadas y paralelas. Son metacuarcitas micáceas de textura granoblástica, en las que la moscovita es intersticial, así como la escasa sericita que puede presentarse. También figuran entre los accesorios circón y turmalina, ambos detríticos.

Esta serie ha sido denominada «formación Puebla» por MARTINEZ GARCIA, E. (1971).

1.1.2.2 Cuarcitas en bancos. Alternancia de cuarcitas y cuarcitas

micáceas (O_{12}^2 y T_2)

Sobre la anterior se sitúa otra serie formada por cuarcitas en bancos, no aflorando en ningún punto el contacto entre ambas al quedar cubierto por los depósitos miocenos. No obstante, y según la bibliografía regional, las relaciones entre ambas son de concordancia.

Su potencia es difícil de estimar al estar muy plegada, siendo el mayor tramo de serie aflorante del orden de los 80 a 100 m.

Forma la alineación más importante de las representadas en la Hoja, entre Carpurias (915 m.) y el Peñón (783 m.) (en Manganeses), siendo sus últimas estribaciones los apuntamientos de cuarcita al N de Benavente.

Se trata de una serie muy monótona de cuarcitas bien estratificadas, en niveles de 0,50 a 3 m., aunque hay intercalados algunos bancos de mayor potencia. Alternan con otros niveles también cuarcíticos, muy micáceos, por la abundancia de moscovita en los planos de microlaminación. Esto favorece la disgregación de estos últimos en finas lajas, por lo que forman entrantes con respecto a los primeros por erosión diferencial.

Las cuarcitas de los niveles resistentes son generalmente grises o blancas, de grano fino, siendo frecuente la microlaminación paralela. También lo es la laminación cruzada a gran escala. A menudo están tableadas. Presentan textura granoblástica, conteniendo como minerales accesorios: moscovita, turmalina y circón detríticos, estando la primera orientada o dispersa. Otros son la sericita, biotita (cloritas), leucoxeno, apatito y esfena.

Los niveles más blandos, micáceos, tienen abundante moscovita dispuesta en lechos, pudiendo encontrarse en ellos delgadas intercalaciones de esquistos moscovíticos. La textura de estas cuarcitas micáceas es granoledipoblástica.

Solamente en un punto (Peñón, 782 m.) los niveles que forman la serie son mucho más delgados (de 0,10 a 0,50 m.) presentando los resistentes microlaminación paralela y cruzada, por lo que puede asimilarse y delimitarse como una intercalación.

Esta serie, que puede asimilarse a la cuarcita armoricana, es la «formación Culebra» de MARTINEZ GARCIA, E. (1971), no habiéndose observado en ningún punto las huellas o pistas que la caracterizan.

1.2 DOMINIO DEL «DOMO DE LUGO», DEL N DE LA SIERRA DEL CAUREL

Está representado en las alineaciones del ángulo NO de la Hoja, en el área de Alija del Infantado, y sus relaciones con el anterior dominio deben ser por falla, que quedaría fosilizada por los sedimentos miocenos.

La serie aflorante es atribuible a la de Cándana, perteneciente al Cámbrico Inferior, y está constituida por cuarcitas, filitas y dolomías.

La posición de los distintos términos en campo induce a pensar en una estructura de plegamiento invertida que determina repeticiones, pero de interpretación muy problemática. Por la verticalidad de los tramos o sus fuertes buzamientos al N pensamos en un plegamiento de tipo isoclinal.

Las alineaciones tienen su continuidad en algunos pequeños apuntamientos en el centro de la vega y en la margen izquierda del Orbigo, donde se sumergen rápidamente.

1.2.1 CAMBRICO INFERIOR

Los distintos tramos de la serie son, de base a techo:

1.2.1.1 Cuarcitas bien estratificadas (CA₁)

Forman la alineación más meridional que constituye el pequeño crestón de Peña Utrera, en el borde mismo de la Hoja. Son cuarcitas gris-rojizas de grano fino, bien estratificadas en niveles de hasta 1 m., en los que es frecuente la microlaminación paralela.

Son micáceas, hasta el punto de figurar la moscovita y biotita entre los minerales esenciales. Los accesorios son abundantes, interviniendo: turmalina, circón y rutilo, además de opacos. Su textura es granoledipoblástica.

La potencia no se puede calcular por ser un apuntamiento aislado en las arcillas miocenas, pero podría correlacionarse con las «Cuarcitas de Cándana Inferior» a las que MATTE, Ph. (1968), atribuye unos 100 m. aproximadamente.

1.2.1.2 Pizarras y dolomías (CA₁p₁ y d)

Debido a la menor resistencia de estos materiales dan lugar a zonas deprimidas alargadas (hasta tres) entre las alineaciones de cuarcitas, siendo asentamiento de los coluviones que descienden a ellas. Por esto sus afloramientos se presentan muy enmascarados. Las intercalaciones de dolomías, por su mayor resistencia, pueden formar resaltes donde afloran, pero aparte de estos puntos la litología sólo es posible apreciarla en las proximidades del contacto con las cuarcitas.

La serie es eminentemente filítica, con intercalaciones de dolomías. Las primeras son negras, pero por alteración pueden presentarse como gris verdosas o grises aceradas, siempre satinadas. Son cuarzo-filitas moscovíticas con turmalina y circón como minerales accesorios. Su textura es lepidogranoblástica de grano fino.

Las dolomías se presentan en varias intercalaciones de unos metros de potencia, siendo el afloramiento más extenso el de las Viñas, que indudablemente presenta plegamientos. Son grises por alteración, pero beige en fractura, cristalinas de grano fino a medio y se presentan bien estratificadas, a menudo tableadas. Presentan microlaminación paralela debida a diferencias de tamaño de grano. En el cerro de las Viñas están atravesadas por diquecillos de cuarzo de tan sólo unos centímetros de espesor y presentan ciertas mineralizaciones en hierro que las tiñe de rojo amoratado. Por esto han sido objeto de intentos de explotación en numerosas calicatas.

El contacto con las filitas puede ser neto o mediante un tránsito rápido consistente en una alternancia a nivel milimétrico o a lo sumo centimétrico.

Con los escasos afloramientos que presenta este tramo es imposible dar una potencia ni tan siquiera aproximada, ya que no se observa la estructura en que está plegada. No obstante, podría asimilarse con el tramo de «pizarras y dolomías de Cándana», al que MATTE, Ph. (1978), atribuye una potencia variable, pero que oscila alrededor de los 400 m.

1.2.1.3 Cuarcitas (CA₁γ)

Se presentan repetidas en tres bandas, siendo la de Peña Mortero (876 m.) la de mayor anchura. Las tres están representadas en la margen izquierda del Orbigo, donde desaparecen definitivamente. Lo hacen, de S a N, en Maire de Castroponce, en el Teso Grande y en la Vizana, respectivamente, teniendo también representación en apuntamientos intermedios, algunos de los cuales se sitúan en el centro de la Vega.

Son cuarcitas grises con moteado limonítico, de grano medio y con microlaminación paralela. Están bien estratificadas, alternando niveles compactos con otros provistos de delgadísimas intercalaciones filitosas, que

en algunos puntos pueden, excepcionalmente, alcanzar algunos centímetros de potencia. En la vertiente N de la alineación de Peña Mortero se traduce en una serie rítmica cuarcita-filita a nivel centimétrico.

Un carácter general de estas cuarcitas es su esquistosidad, que se pone de manifiesto en la marcada orientación de sus granos.

Pueden presentar alguna intercalación de dolomías cristalinas de escasa potencia (hasta 1 m.).

La textura de estas cuarcitas es generalmente milonítica, presentando el cuarzo extinción ondulante y estando los granos rodeados por otros más pequeños resultantes de la trituración de la roca. Desde el punto de vista de la composición la sericita puede figurar entre los minerales esenciales, siendo omnipresentes entre los accesorios la turmalina y el circón.

Las filitas de las intercalaciones tienen como minerales esenciales moscovita y cuarzo, figurando entre los accesorios turmalina, circón y epidota, principalmente. Son por tanto filitas moscovíticas y su textura lepidoblástica.

Este tramo que interpretamos aflorante merced a antiformes es de potencia imposible de estimar. Lo asimilamos a las cuarcitas de Cándana superior, para el que MATTE, ph. (1968), da una potencia de unos 200 m.

1.2.1.4 Pizarras (CA₁p₂)

Si problemática es la estructura en que se encuentra plegada toda esta serie, más aun lo es la atribución a determinados niveles de los pequeños pitones de pizarras y cuarcitas que afloran al N de Alija del Infantado.

Asimilamos este tramo, aunque con las naturales reservas, a la serie de transición entre las cuarcitas de Cándana superior y las calizas de Vegadeo, y lo identificamos en las filitas que aparecen en la ladera S del pequeño Cerreta (761 m.) al N inmediato de Alija. La potencia dada para él por MATTE, Ph. (1968), en la zona III es aproximadamente de unos 200 metros.

El afloramiento lo forman filitas satinadas de tonalidades verdosas.

1.3 DATACIONES

Ya LLOPIS LLADO y FONTBOTE (1959) consideran el carácter de facies del «Olló de Sapo» y la edad de la misma desde el Precámbrico al Ordovícico inclusive, según las áreas; idea que comparte MARTINEZ GARCIA, E. (1973), sin que pueda establecerse un límite preciso en la que nos ocupa. Por eso y provisionalmente, siguiendo a este último autor situamos el límite Cámbrico-Ordovícico en el contacto con la «formación Puebla».

Respecto a las formaciones «Puebla y Culebra», éste último autor las considera perfectamente datadas de edad Ordovícico Inferior (Skidawiense).

Se basa en la presencia de *Vexillum halli* y *Cruzianas* en las intercalaciones de cuarcitas de la primera y por la existencia de estas últimas junto a *Scolithus* y *Vexillum* en la segunda.

MATTE, Ph. (1968), cita también la presencia de *Cruziana furcifera* D'Orb. y *Cruziana rugosa* D'Orb., en el equivalente de la «formación Puebla» en las sierras de la Culebra y de la Cabrera Baja. Y solamente la última especie en la cuarcita armoricana.

La serie aflorante en el área de Alija del Infantado se identificaría por sus caracteres con la zona III de MATTE, Ph. (1968), y en ella es atribuible a la serie de Cándana perteneciente al Cámbrico Inferior. Su serie estratigráfica ha sido establecida en la parte N de la zona III (área de Mondoñedo) por WALTER, R. (1963). En la Hoja de Benavente la serie es totalmente azoica.

1.4 MIOCENO

Haremos la exposición en función de las facies, en este caso dos, debido a que la gran monotonía de estos materiales, esencialmente arcillosos, no permite una descripción por divisiones estratigráficas. Esto, unido a la falta de precisión cronológica, hace que no exista una cronoestratigrafía establecida, lo que nos obliga a hablar únicamente del Vindoboniense Superior y la parte baja del Pontiense para la totalidad de la serie aflorante.

1.4.1 VINDOBONIENSE SUPERIOR-VALLESIENSE

Como ya se ha dicho, son dos las facies que lo representan, ambas detríticas, de gran monotonía, arcillosa una y arcillo-margosa la otra, pero con suficientes peculiaridades que permiten distinguirlas en campo. El límite entre ambas, aproximadamente N-S, es difuso, poniéndose de manifiesto además de en un paulatino enriquecimiento en carbonatos hacia el E, en la aparición de ciertas facies conglomeráticas con elementos heredados de los propios sedimentos terciarios. Un límite así, con todos los riesgos que entraña su situación, lo hemos establecido según un meridiano inmediato al E de Benavente. Por tanto, las dos facies ocupan unas posiciones, occidental y oriental, dentro de la Hoja.

1.4.1.1 «Facies Tierra de Campos marginal» (T_{c11-12}^{Bc-Bc1})

La primera corresponde a la facies de borde propia de este margen de la cubeta y que con carácter regional se distribuye aproximadamente N-S paralelamente a los macizos paleozoicos. De ella emergen paulatinamente

las primeras alineaciones de estos últimos, por lo que fosiliza un importante relieve.

Esta facies es eminentemente arcillosa, amarillenta, con algunos episodios de areniscas y microconglomerados.

Las arcillas son generalmente ocreas, adquiriendo en algunos puntos, además, tonalidades rojizas. Deben la primera coloración a la abundancia de nódulos limoníticos, que pueden alcanzar el centímetro de diámetro y se encuentran diseminados por toda la serie, aun cuando pueden ser especialmente abundantes en algunos niveles. Sobre ellos cabe la duda de si proceden de determinados horizontes de alteración en el área fuente o son diagenéticos. Estas arcillas son masivas, destacándose a lo sumo en ellas una alternancia de diferentes tonalidades amarillentas, que se tornan rojizas en la proximidad de los apuntamientos paleozoicos.

Son también muy abundantes por toda la serie los nódulos calcáreos, generalmente diseminados, pero también concentrados en algunos delgados niveles. Son de formas variadas: más o menos redondeados, alargados tendiendo a la forma cónica y discoidales. Los segundos recuerdan moldes de raíces de plantas e incluso se insinúa un estriado longitudinal en muchos de ellos. Los discoidales son los menos frecuentes, generalmente los de mayor tamaño y suelen encontrarse en hiladas de gran concentración de nódulos que en su parte superior llegan a ser un auténtico nivelillo o nivelillos que recuerdan las costras de exudación. Todos estos caracteres nos hacen pensar en caliches, lo que indicaría, además de un clima, interrupciones en la sedimentación.

La monotonía de la serie arcillosa se rompe por la presencia de intercalaciones lenticulares de areniscas y microconglomerados, cuya composición y tamaño de grano varía visiblemente desde la proximidad de los asomos paleozoicos hacia el E.

En las áreas más occidentales, próximas a ellos, entran en su composición elementos procedentes del Paleozoico, es decir, cuarzo, cuarcita y filita, en granos generalmente subangulosos, a excepción de estos últimos. Los cantos, de la misma naturaleza y forma, alcanzan los 3 ó 4 cm., haciendo también excepción los de filita que, además de su menor tamaño (hasta 1,5 cm.), son más o menos discoidales. Estos tamaños máximos son poco frecuentes.

El porcentaje de fragmentos de filitas en las areniscas puede superar ampliamente a los de cualquier otra naturaleza. Aunque no es frecuente, pueden contener también abundantes nódulos de limonita sobre los que cabe la duda si son resedimentados de las arcillas o procedentes de horizontes de alteración en el área fuente.

Estas areniscas son, además, muy heterométricas, carecen de cemento y están poco compactadas, poseyendo únicamente matriz arcillosa roja o amarillenta.

La potencia de estos niveles detríticos gruesos es muy variable, dado su carácter lenticular, pero no sobrepasa los dos metros. Su apariencia es de paleocanales, pero nunca se observan cicatrices de erosión, sino que tanto basal como lateralmente existe un tránsito muy brusco a las arcillas.

La gran heterometría y angulosidad de sus elementos nos indicaría un transporte muy rápido y no lejano del área fuente. Esto último viene además corroborado por la abundancia de fragmentos de filitas.

Estas intercalaciones no presentan estructuras sedimentarias habiéndose observado únicamente cierta laminación cruzada en una serie obtenida al S de Manganeses de la Polvorosa. En los niveles de microconglomerados, por la tendencia de los cantos a disponerse en hiladas se insinúa, aunque muy toscamente, cierta laminación horizontal.

En las áreas más alejadas de los núcleos paleozoicos, es decir, en la banda próxima al meridiano de Benavente, los caracteres varían notablemente, los niveles conglomeráticos han desaparecido totalmente siendo únicamente de areniscas las intercalaciones. Estas son amarillentas, de grano medio a grueso y eminentemente cuarzosas, conteniendo también fragmentos de filitas, en menor proporción, en algunas de las series obtenidas. La potencia de estos niveles es también muy superior a la de las anteriores, superando los seis metros.

Normalmente presentan laminación cruzada a gran escala, en cuyos planos pueden localizarse nódulos limoníticos.

Estos paquetes de areniscas pueden encontrarse en tránsito gradual a las arcillas o ser claramente erosivo el contacto basal.

El grado de compactación de ellas es normalmente muy débil y por carecer de cemento sería más correcto en muchos puntos hablar de arenas.

Las arcillas en que se intercalan pueden contener también proporciones variables de fracción arena hasta las areniscas arcillosas.

Todos estos caracteres nos indican el progresivo grado de madurez y evolución que van consiguiendo estos depósitos desde el O hacia el centro de la Hoja, por lo que el área fuerte serían los macizos paleozoicos que por el O cierran la cubeta. Lo que fácilmente podría intuirse por la distribución regional de las distintas facies del Terciario.

Todos los caracteres descritos corresponden a las observaciones realizadas en cárcavas, únicos puntos donde se aprecian las series debido al extraordinario desarrollo de las tierras de labor. Esto nos ha impedido tener una visión más completa de la sedimentación.

Algunos de estos puntos se encuentran al N de Colinas de Trasmontes, en Manganeses de la Polvorosa, en la cerámica de Benavente, en la ladera N de Sierra Verdenosa y al E de Saludes de Castroponce.

Esta facies ha sido erróneamente denominada de Montamarta en el estudio de AEROSERVICE para el I. N. C., sobre la cuenca del Duero (1966), ya que la citada facies es de edad paleógena, y sus primeros afloramientos se

encuentran mucho más al S en Granja de Moreruela y en la localidad que le da el nombre (Hoja 13-14).

La potencia de la facies que nos ocupa ha de ser muy variable, por fosilizar el relieve paleozoico y por tanto imposible de precisar con la simple observación de campo. Por otra parte, la visión que ofrecemos de ella no creemos que sea lo suficientemente representativa, ya que las exposiciones más completas de las cárcavas nunca excedieron de los 40 ó 50 metros (Barrera, al NE de Quintanilla de Urz).

A este respecto son de destacar los datos de los sondeos en los que la profundidad máxima a que se ha encontrado el basamento paleozoico es de 237 m. en un punto al E de Saludes de Castroponce.

1.4.1.2 «Facies Tierra de Campos» s.l. (T_{c11-12}^{Bc-Bc1} c)

Corresponde a la facies más oriental y como ya se indicó anteriormente no puede establecerse un límite preciso con la de Montamarta por tratarse de un tránsito consistente en un paulatino enriquecimiento en carbonatos. Por ello la serie es eminentemente arcillo-margosa, con intercalaciones de conglomerados y areniscas.

La coloración de la serie, al igual que la anterior, es ocre con diferentes tonalidades, pero en general más rojiza.

Las intercalaciones conglomeráticas es el carácter más distintivo de esta serie. Se presentan en niveles lenticulares de gran heterometría y escasa potencia, ya que no alcanzan el metro y cuya extensión lateral es muy variable (desde pocos metros hasta decenas de ellos).

Los elementos que los componen son nódulos calcáreos heredados de las arcillas, posiblemente de las dos facies representadas en la Hoja. Están rodados al haber sufrido un transporte, y su tamaño, muy variable, puede llegar a los 4 ó 5 cm. Generalmente están asociados a pequeños nódulos de limonita, a los que atribuimos también un origen análogo.

Estos conglomerados pueden presentar laminación oblicua planar. Tienen cemento calcáreo y la matriz es una arenisca arcillosa de grano grueso con fragmentos calcáreos del mismo origen que los cantos.

Una buena exposición de estos niveles se encuentra en los cortados de la margen izquierda del Esla, poco antes de la confluencia con el Cea, donde al mismo tiempo son especialmente abundantes. Pero habitualmente y dada la extensión de los cultivos, lo que se encuentra de ellos son fragmentos aislados en las tierras de labor.

Las intercalaciones de areniscas presentan generalmente laminación cruzada a gran escala, oscilando la potencia máxima observada entre los 6 y 7 m. Son generalmente cuarzosas, de grano medio a fino y con o sin matriz arcillosa o cemento calcáreo. Solamente en el nivel basal de los cortados

del Esla (Caserío de Rubiales) las arenas contenían abundantes elementos de paleozoico (filitas, principalmente).

En las arcillas, y especialmente en los niveles altos de la serie pueden estar presentes masas calcáreas oquerosas de hasta 0,60 m. de longitud por 0,40 m. de espesor.

Los conglomerados calcáreos, en pequeños lentejones, pueden aparecer también intercalados en las areniscas y orientados según la laminación.

El punto más al O donde se han observado estos conglomerados ha sido en el corte de la Cerámica de Benavente, donde un pequeño lentejón aparece en la base del paquete de areniscas de la serie. Sus reducidas dimensiones y el no tener carbonatos la serie en que se encuentra ha hecho que lo englobemos en la facies marginal. No obstante, constituye un claro exponente de lo confuso del límite entre ambas facies.

Las litologías descritas, conglomerados, areniscas y arcillas, forman una secuencia positiva que es completa cuando aparecen superpuestas en este orden de abajo a arriba. Pero habitualmente falta alguno de los términos, siendo la más frecuente conglomerado-arcilla y arenisca-arcilla. Al mismo tiempo la falta de buenas exposiciones nos impide conocer la progresión lateral de tales secuencias, pudiendo decirse solamente que de los tres términos son los conglomerados el de menor extensión.

Este tipo de secuencia apunta en el sentido de que la base de los niveles conglomeráticos ha de ser erosiva; carácter difícilmente perceptible aún viniendo además corroborado por el que los elementos que los componen son heredados de los mismos sedimentos miocenos. Esto nos indicaría que no hubo una erosión profunda.

Por otra parte, el tipo de secuencias, o al menos los dos términos inferiores, representan facies de canal fluvial, de los que el término basal son los conglomerados de base de canal o depósitos de «channel lag». Van seguidos por los importantes paquetes de arenas y areniscas con estratificaciones cruzadas, que asimilamos a facies de «point bar» y que nos indicarían el carácter meandriforme de los canales.

La potencia de esta facies es difícil de estimar con la simple observación de campo, ya que las mejores exposiciones (cortados del Esla) no sobrepasan los 30 m. Los datos de los sondeos nos aportan una potencia máxima hasta el presente de 202 m. profundidad a la que se encontró el zócalo paleozoico en un punto situado en las proximidades y al E de Villafer.

Al igual que hicimos constar al hablar de la «facies marginal», no creemos que la visión que ofrecemos sea suficientemente representativa por lo reducido de las exposiciones.

La denominación de esta facies se debe a HERNANDEZ-PACHECO, E. (1915), que la definió como «Tierra de Campos». También y a este respecto hacemos constar que en este caso abandonamos las denominaciones del informe

de Aeroservice, ya que después de los estudios realizados en esta Hoja y la vecina de Valderas (14-12) no hemos encontrado criterios de campo para el establecimiento de más facies ni tan siquiera mediante tránsitos o límites más o menos difusos.

Por los estudios sedimentológicos realizados por MABESOONE, J. M. (1961), en lo que él denomina facies Carrión de los Condes, que no es sino la facies «Tierra de Campos», llega a la conclusión de que son depósitos fluviales con ciertos episodios lagunares bajo un clima que provocaba fuerte evaporación (presencia de caliches) y con cierta acción eólica (porcentajes relativamente altos de fracciones loésicas).

Podemos fácilmente intuir, por todos los caracteres descritos en esta facies y por encontrarse en continuidad lateral a la de Carrión de los Condes, que las condiciones ambientales y de sedimentación fueron análogas, si no las mismas, de ésta.

1.4.1.3 Dataciones

Los datos aportados por el estudio micropaleontológico realizado en las dos facies del Terciario han sido nulos, poniéndose de manifiesto el carácter azoico de las series o la banalidad de la escasa microfauna contenida. Como consecuencia son también muy vagos los datos acerca del ambiente de sedimentación.

Aparte de algunos fragmentos de gasterópodos, y de tubos calizos de algas, la mayor frecuencia es de nodulitos (concreciones arcillo-ferruginosas) de algas (*Sphaerocodium?*).

Forzosamente hemos recurrido a los datos bibliográficos sobre yacimientos de vertebrados, fauna en la que se basa la cronoestratigrafía del Neógeno continental. Los trabajos principales son los de M. T. ALBERDI y E. AGUIRRE (1970) y F. M. BERGOUNIOUX y F. CROUZEL (1958). En ellos se citan una serie de yacimientos de vertebrados relativos a esta región, uno de los cuales pertenece a esta Hoja.

Así, en el primero de ellos se cita, en Benavente, en la cantera de los tejares de José Antonio Otero, la presencia de un Jiráfido (cf. *Decennatherium pachecoi* CRUSAFONT, 1952), Mastodonte (*Tetralophodon Longirostris* KAUP, 1835 y *Zygalophodon pyrenaicus* LARTET) y restos de Rhinocerotidae (indeterminable) de gran talla, atribuyéndolos a un Mioceno Superior, puesto que la primera especie se encuentra también en el Vallesense de los valles de Fuentidueña (Segovia) y en las capas de Relea y Saldaña (Palencia), pertenecientes al Vindoboniense Superior-Pontiense.

En el segundo de los trabajos se citan otros yacimientos de la provincia de León, alguno de ellos próximo a esta Hoja, como el de Santa María del Páramo, que aportó *Trilophodon angustidens* CUVIER, al que se atribuye una edad Vindoboniense Superior.

1.5 CUATERNARIO

Los depósitos cuaternarios cubren una gran extensión del área abarcada por esta Hoja, especialmente los de origen fluvial, debido al gran desarrollo y extensión de los aterrazamientos dejados por los ríos Esla, Eria, Orbigo y Cea, que lo atraviesan o confluyen en ella. Son conglomeráticos, excepto en los niveles más inferiores de algunos de ellos (Esla y Cea) donde el predominio es arenoso. Limoso-arenosas son también las extensas llanuras de inundación, por las que discurren.

Algunos pequeños glacis entre aterrazamientos se conservan en puntos muy localizados.

Son los coluviones los depósitos que les siguen en importancia, más que por su extensión por el desarrollo que adquieren alrededor de los núcleos paleozoicos.

1.5.1 TERRAZAS FLUVIALES (Q_1T_3) a (Q_1T_{10}) y (Q_2A_1) a (Q_2A_3)

Hemos de hacer constar, en primer lugar, lo problemático de la identificación de los diferentes niveles de terrazas, cuando éstas se encuentran muy desmanteladas. Debido al margen de cotas, entre las que se desarrolla cada una de ellas, lleva a ambigüedades a la hora de hacer cualquier atribución sobre la pertenencia a un determinado nivel de un retazo muy aislado de cualquier otro de referencia. Esta dificultad surge en el valle del Esla, en especial con las terrazas de su margen derecha, y también con las terrazas de los valles afluentes de los principales que no tengan cierta continuidad de afloramiento con las de éstos. En este último caso la dificultad es aún mayor.

Se han distinguido ocho niveles de terrazas, aun cuando existen algunos otros pequeños escalonamientos que, por perder rápidamente su continuidad, han sido incluidos dentro de una misma.

Río Orbigo: Tiene su nacimiento en la Cordillera Cantábrica y corre sensiblemente N-S, hasta las inmediaciones de esta Hoja donde adopta la NO-SE, recorriéndola en su mitad occidental desde La Nora hasta Benavente.

Su curso es rectilíneo a pesar de atravesar las alineaciones de paleozoico, haciéndolo por escotaduras preexistentes y exhumadas del Mioceno por la acción fluvial. Esto parece indicarnos que su curso coincida con alguna posible línea de fracturación.

El perfil transversal de su valle es, generalmente, asimétrico, debido a la inexistencia de terrazas en aquellos tramos donde las alineaciones de paleozoico limitan el valle. Probablemente en estos tramos también existieron, pero desaparecieron con posterioridad por erosión lateral de su cauce

divagante. Sólo presenta cierta simetría entre Manganeses y Benavente, siendo más pendiente la margen derecha por el escaso desarrollo de algunos niveles de terrazas.

Están representados en este río siete niveles de terrazas, aunque no en todo su recorrido, perteneciente a él, prácticamente, todo el sistema de la mitad occidental de la Hoja, excepción hecha del Eria y Tera.

Todas ellas son terrazas con depósito a excepción de algunos niveles, que son únicamente erosivos sobre pequeños asomos de Paleozoico aflorantes en la vega, o en sus márgenes. El depósito es de conglomerados con cantos de cuarcita y en muy pequeña proporción de cuarzo, como corresponde a áreas fuente paleozoicas. La matriz es arenoso-arcillosa roja, escasa y presenta cierto grado de compactación. Incluyen lentejones de arenisca, de escasa potencia, en los que es frecuente la laminación oblicua. La potencia oscila alrededor de los 3 m.

Los cantos, siempre rodados, llegan a alcanzar el tamaño bloque (hasta 40 cm.) únicamente en la terraza más alta (Q_1T_3). Los de este tamaño son escasos y sólo se han observado en el afloramiento que de esta terraza se desarrolla entre las alineaciones paleozoicas de Sierra Verdenosa y Peñas Altas (Coto Viejo).

Hacemos constar que la numeración de los niveles de terrazas está referida al conjunto de las Hojas 13-12; 14-12; 13-13; 14-13; 13-14 y 14-14, siendo el nivel más antiguo presente en ésta el (Q_1T_3).

Los niveles son de antiguo a moderno: de +80-85 m. (Q_1T_3); +60-70 m. (Q_1T_4); +50-60 m. (Q_1T_5); +40-50 m. (Q_1T_6); +20-30 m. (Q_1T_7); +10-20 m. (Q_1T_8), y +5-10 m. (Q_1T_9).

El menos representado es el nivel (Q_1T_3), por estar muy desmantelado y se conserva únicamente en la margen derecha del Orbigo al abrigo de los asomos paleozoicos.

También es grande el desmantelamiento del nivel (Q_1T_4), que, aunque presente en ambas márgenes, sólo queda de él en la izquierda una cadena de pequeños afloramientos en la divisoria de aguas Orbigo-Esla.

Las cotas alcanzadas por algunos niveles, como el (Q_1T_5), cuyo afloramiento puede llegar en algunos puntos a los 790 m. (Tesoro, en la divisoria Orbigo-Esla), nos hace suponer que en ellas está representado alguno de los otros más antiguos, pero tan degradados que resulta imposible su separación.

En algunos niveles existen pruebas de que existió una red fluvial afluente de la principal, como lo demuestra el que las terrazas principales se adentren o encuentren en continuidad de afloramientos con otras de valles secundarios activos en la actualidad y que constituyen una prueba de que vienen heredados de antiguo. El primer nivel en que esto se pone de manifiesto es en el (Q_1T_5) a la altura de San Adrián del Valle. Igualmente

ocurre con el (Q₁T₇), que es el de Benavente y ya con todos los inferiores a él.

El nivel de mayor desarrollo en la Hoja es el (Q₁T₇), en el que se asienta Benavente y que forma una extensa planicie triangular entre Altobar de la Encomienda, Andanzas del Valle y San Román del Valle.

Es de destacar también la influencia que han ejercido en el desarrollo y distribución de las terrazas de este río las alineaciones de Paleozoico, que se ha ido acentuando más cada vez con el progresivo encajamiento de la red fluvial. En un primer estadio (nivel Q₁T₃ y Q₁T₄), debieron quedar como apuntamientos en la extensa llanura de inundación. Posteriormente debieron provocar desplazamientos laterales o retenciones del curso fluvial (niveles Q₁T₅ y Q₁T₆ para el primer caso a la altura de Manganeses) y por último su confinamiento, obligándole a atravesar por las escotaduras existentes en ellas (a partir del nivel (Q₁T₇) y más recientes en Manganeses o de los niveles (Q₁T₈) y (Q₁T₉) en Coomonte). Digamos que es un comienzo de formación de meandros encajados.

Una prueba de los desplazamientos laterales o retenciones que experimentaría el curso en el segundo estadio es la frecuencia con que aparecen asomos paleozoicos justamente en los escarpes de las terrazas, actuando así como barreras en su progresión lateral o desviándolo. Ejemplos los tenemos en las Fuentanas, al S de Sierra Verdenosa, entre las terrazas (Q₁T₃) y (Q₁T₄); al N de Benavente, entre los niveles (Q₁T₅) y (Q₁T₆), así como entre los (Q₁T₆) y (Q₁T₇), o con las terrazas más bajas, entre Maire de Castroponce y Altobar de la Encomienda.

El curso actual es divagante sobre una extensa vega o llanura de inundación (Q₂Al₂), cuya composición litológica es difícil de precisar, además de por la extensión de los cultivos, por no existir cortes. En superficie es arcillosa.

El lecho actual (Q₂Al₃) lo forman limos arcillo-arenosos y conglomerados.

Los aluviales de los valles afluentes (Q₂Al₁) son limos arcillosos, dado que provienen de los depósitos miocenos, con cantos heredados de las terrazas.

Río Cea: Tiene su nacimiento en la Cordillera Cantábrica y corre con dirección N-S hasta Sahagún, a partir de donde adopta la NE-SO hasta su confluencia con el Esla en la presente Hoja.

El perfil transversal de su valle es excepcionalmente simétrico en los últimos tramos de su recorrido a partir de Valderas (Hoja 14-12).

También tienen en él representación los siete niveles de terrazas aun cuando curso arriba, desde las inmediaciones de Valderas (Hoja 14-12), comienza a definirse un octavo más bajo en la llanura de inundación.

Son terrazas con depósitos, existiendo, excepcionalmente, algunos re-
tazos en la margen derecha pertenecientes a los niveles más bajos, que por estar muy degradados carecen de él. Son también conglomeráticas al

igual que las del Orbigo, con la diferencia de que poseen abundante matriz arcillo-arenosa roja. Los cantos, bien rodados, son también de cuarcita y en pequeña proporción de cuarzo, como corresponde a su área fuente paleozoica. Buenos ejemplos los tenemos en las trincheras de la carretera Villafer-Valderas al atravesar las terrazas (Q₁T_{3a}) y (Q₁T_{4a}).

En algunas exposiciones son análogas a las del Orbigo, lo que suponemos excepcional y claro indicio de las variaciones composicionales. En el caso del corte de la casa de Rubiales, en los escarpes del Esla, correspondiente a la terraza (Q₁T_{6a}).

Los niveles son aquí, de antiguo a moderno: de +70-90 m. (Q₁T_{3a}); +65-70 m. (Q₁T_{4a}); +60-65 m. (Q₁T_{5a}); +40-50 m. (Q₁T_{6a}); +30-40 m. (Q₁T_{7a}); +20-30 m. (Q₁T_{8a}), y +5-20 m. (Q₁T_{9a}).

Litológicamente el nivel más bajo es el único que hace excepción, ya que es eminentemente arenoso, poniéndose claramente de manifiesto este carácter tanto en superficie como en sección. La mejor exposición se encuentra en una cárcava que corta transversalmente esta terraza al N de El Mirador, en la margen izquierda y a unos 2 km. de la confluencia con el Esla. Allí presenta dos niveles conglomeráticos a base y a techo, siendo arenas todo el paquete central. Todo el conjunto es de tonalidades ocráceas habiéndose perdido las coloraciones rojizas que dominaban en los niveles más superiores.

Solamente en un punto (km. 3,400) de la carretera de Fuente de Ropel a Villafer, al abandonar la vega, se ha observado cementación calcárea que afecta a la base de un pequeño afloramiento de esta terraza.

El nivel (Q₁T₈) puede en algunos tramos ser también arenoso (Q₁T_{8s}), pero el carácter no está generalizado. Se produce a partir de determinados valles afluentes, lo que interpretamos como debido a un mayor aporte arenoso en íntima relación con la estratigrafía del Mioceno en esa área.

En la margen derecha están representados todos los niveles, mientras en la izquierda a partir del (Q₁T_{6a}) lo están todos los más recientes. No obstante, el nivel más alto que se alcanza en esta margen es el (Q₁T_{5a}), pero ya, aguas arriba, en la vecina Hoja de Valderas (14-12).

Al igual que en el Orbigo, la red afluente viene heredada de antiguo, como lo demuestran sus niveles de terrazas que se enlazan con los correspondientes del curso principal. En esta Hoja sólo hay pruebas de su existencia a partir de la terraza (Q₁T_{7a}), pero en la vecina Hoja de Valderas, donde la información es más completa, las hay a partir de la (Q₁T_{6a}) y con probabilidad, dado lo reducido de los afloramientos, a partir de la (Q₁T_{5a}) al igual que en el Orbigo.

El carácter arenoso de los niveles más bajos pone de manifiesto una disminución de la energía del régimen fluvial, al mismo tiempo que una mayor participación de los aportes procedentes del Mioceno. El carácter se acentúa aún más en la composición limo-arcillosa de los depósitos de

la llanura de inundación (Q_2Al_2) que contienen algunos episodios conglomeráticos puestos de manifiesto en algunas cárcavas fuera de los límites de esta Hoja, en la vecina de Valderas. Las causas de todo este proceso hay que buscarlas en una tendencia generalizada hacia etapas más secas.

Los aluviales de los valles afluentes (Q_2Al_1) son limos arcillosos con cantos, como corresponde a un curso excavado en los depósitos Miocenos. Los últimos serían heredados de las terrazas.

Río Esla: Nace también en la cordillera Cantábrica y toma dirección NE-SO al penetrar en el Terciario y que conserva hasta su confluencia con el Bernesga. A partir de este punto adopta la N-S, con la que sensiblemente recorre también el área oriental de esta Hoja.

El valle es generalmente asimétrico, variando la pendiente de las márgenes según los tramos.

Se identifican en él ocho niveles de terrazas aun cuando están enormemente degradadas, en especial en la margen derecha. Por ello y ante afloramientos tan reducidos y desconectados, la atribución a uno u otro nivel es bastante problemática.

Son terrazas con depósitos conglomeráticos o arenosos, según las márgenes y puntos. Así, en la margen izquierda son esencialmente arenosas, mientras en la derecha son conglomeráticas, excepto a la altura de San Cristóbal de Entreviñas, donde domina de nuevo el carácter arenoso. Estas variaciones composicionales deben tener íntima relación con la estratigrafía del Mioceno de los distintos tramos del cauce.

Los niveles conglomeráticos son análogos a los del Orgibo, es decir, tienen elementos bien rodados de cuarcita y en pequeña proporción de cuarzo, como corresponde a su cabecera desarrollada en Paleozoico. La matriz es arenoso-arcillosa roja, escasa y con cierto grado de compactación.

Los niveles arenosos (QT_2) son de tonalidades ocráceas, por lo que son difícilmente distinguibles de los materiales miocenos. Estas terrazas son las más potentes de la Hoja, pudiendo sobrepasar la decena de metros. Una de las mejores exposiciones se encuentra en el caserío de Belvis, perteneciente a una antigua cantera excavada en la terraza (Q_1T_8s) de la margen izquierda. En este punto se reconocen al menos dos episodios conglomeráticos, uno en la base y otro a unos dos metros de ella.

Las terrazas son aquí, de antigua a moderna: De +80 m. (Q_1T_3); +70 m. (Q_1T_4); +60 m. (Q_1T_5); +40-60 m. (Q_1T_6); +30-40 m. (Q_1T_7); +10-20 m. (Q_1T_8); +10 m. (Q_1T_9), y +5 m. (Q_1T_{10}).

El nivel más bajo lo hemos individualizado en Benavente, aun cuando ya viene insinuándose en la llanura de inundación (Q_2Al_2) desde Bariones, pasando por San Cristóbal de Entreviñas. Queda relegado, al menos en esta Hoja, a la margen derecha.

La red afluyente del curso principal se pone de manifiesto, en esta Hoja, a partir de la terraza (Q₁T₇), como se deduce de los niveles del valle que desemboca en Villaquejida.

El río Esla ha debido tener una gran acción erosiva lateral, como lo demuestra la amplitud de su vega y el desmantelamiento que ha provocado en las terrazas del Orbigo y Cea, cortándolas y acantilando las márgenes en este tramo.

El extraordinario desarrollo de los cultivos en la vega (Q₂A₁₂) y la falta de cortes no permite conocer su naturaleza. Únicamente en superficie es arcillosa de tonalidades ocreas.

El lecho actual (Q₂A₁₃) lo forman limos arcillo-arenosos y conglomerados.

Los aluviales de los valles afluentes (Q₂A₁₁) son de análoga naturaleza que en los ríos anteriormente citados y de igual procedencia.

Solamente nos queda destacar la aportación de R. ESPEJO y otros (1973) sobre la atribución a niveles superiores de terrazas fluviales de ciertas superficies geomorfológicas planas con cubiertas detríticas que aparecen al N de esta zona. Con su estudio sedimentológico queda descartada la atribución de estas superficies, situadas a veces a más de 120 m., sobre el cauce actual de los ríos, a formaciones tipo raña o terraza-glacis. Decimos esto porque los modelados fluviales altos representados en esta Hoja (terrazza Q₁T₃) podrían inducir a error en este sentido.

Ríos Eria y Tera: Ambos proceden del O, de las montañas de Sanabria, y están sólo representados por los últimos tramos de su curso, correspondientes a la confluencia con el Orbigo o a sus proximidades.

Los sistemas de terrazas son bastante incompletos. Así, en el primero sólo están representados los niveles (Q₁T₃), (Q₁T₄), (Q₁T₅), (Q₁T₆) y (Q₁T₉) entre ambas márgenes.

Al Tera sólo podemos hacerle la atribución del (Q₁T₇) con ciertas reservas, pues también podría pertenecer al arroyo de la Almorcerva.

1.5.2 TERRAZAS INDIFERENCIADAS (Q₁T_i)

Englobamos aquí a aquellos sistemas de terrazas cuya atribución a un determinado nivel resulta muy problemática por la falta de continuidad con otros de referencia. Corresponden a terrazas de valles afluentes del área SO de la Hoja.

Litológicamente son conglomerados cuarcíticos de matriz arenosa.

1.5.3 GLACIS CUBIERTOS (Q₁G₁) y (Q₁G₂)

Al menos dos sistemas de glacis se encuentran distribuidos por la zona. Están en su mayor parte disecados por los barrancos, quedando de ellos pequeños retazos enrasados con algún nivel de terraza.

El depósito es de gravas cuarcíticas procedentes de la terraza superior. Uno de ellos se enrasa con la terraza (Q₁T₇) (Quiruelas de Vidriales y Las Coponas la E de Saludes de Castroponde) y el otro con la (Q₁T₉S) (Fuentes de Ropel).

1.5.4 COLUVIONES (Q₂C)

En ellos es conveniente distinguir los formados a expensas del Mioceno de los formados a expensas de las alineaciones paleozoicas, por su diferente litología.

Los primeros son arcillo-margosos, como corresponde a la litología de la serie miocena de que proceden. Uno de los puntos de mayor desarrollo es en los cortados del Esla antes de su confluencia con el Cea.

Pero donde verdaderamente adquieren desarrollo es en las alineaciones y apuntamientos de Paleozoico. Forman unas aureolas a su alrededor de arcillas rojas con cantos y bloques de la misma naturaleza que el Paleozoico aflorante. La mejor exposición, en corte, se encuentra en una cárcava en el mismo pueblo de Alija del Infantado. Allí, en las proximidades del Paleozoico, es un depósito caótico de brechas que alcanzan el tamaño bloque. A medida que se van distanciando el predominio es arcilloso, estando los cantos dispuestos en hiladas según la pendiente y orientados en este mismo sentido.

1.5.5 RELLENO DE VALLE (Q₂Ca)

Estos depósitos aparecen tapizando el fondo de los valles entre las sierras paleozoicas y tienen escasa representación en esta Hoja. Únicamente están presentes entre las alineaciones cuarcíticas de Peñas Altas y Carpurias, en el límite con la vecina de Arrabalde (12-12).

Son arcillosos, grises, con algunos cantos de pequeño diámetro y deben originarse por lavado de la matriz de los coluviones que flanquean los valles.

1.5.6 CONOS DE DEYECCION (Q₂Cd)

Se forman en las desembocaduras de muchos valles, afluentes de los cursos principales o de grandes cárcavas excavadas en los materiales terciarios. Su naturaleza es arcillosa, con cantos heredados de las terrazas.

1.5.7 DATACIONES

No hemos dispuesto de criterio alguno para la datación precisa de los distintos niveles de terrazas, habiéndose hecho en ciertos sectores de la

cuenca del Duero por comparación con otros datos de diferentes puntos de la Península, especialmente de la cuenca del Tajo. Pero generalmente se considera que han sido provocadas por alternancias climáticas frías y templadas relacionadas con las glaciaciones en el transcurso del Pleistoceno.

Por esta razón hemos agrupado en él los ocho niveles y los glaciares que se desarrollan entre ellos, reservando para el Holoceno los depósitos de las vegas, lechos actuales y restantes.

2 TECTONICA

Dado que en la presente Hoja tienen representación materiales Precámbricos-Paleozoicos y Terciarios hemos de admitir la existencia de al menos dos grandes ciclos orogénicos, el Hercínico y el Alpino.

La escasa representación de los primeros, así como el no sobrepasar en esta Hoja el Ordovícico Inferior hace que nuestra visión del primer proceso orogénico haya de ser por fuerza muy efímera.

Se han observado una serie de elementos estructurales a pesar de las precarias condiciones de afloramiento que por sí no nos permiten dar una sucesión de los acontecimientos, por lo que necesariamente hemos recurrido a la bibliografía regional para darles una atribución dentro del contexto tectónico regional.

Como ya se apuntó en el capítulo de estratigrafía relativo al Paleozoico, tienen representación en la Hoja dos dominios distintos: el del «Olla de Sapo» y el del «Domo de Lugo», cuyo límite correspondería aproximadamente con el valle del río Eria. Este límite, puramente tectónico, debe corresponder con un cabalgamiento de la zona IV sobre el III definidas por MATTE, Ph. (1968), y que él mismo consigna en su cartografía, y cortes interpretativos del NO de la Península.

Se ha seguido a MARTINEZ GARCIA, E. (1973), para el encuadramiento de todos estos elementos estructurales y de acuerdo con las fases de plegamiento por él definidas.

Fase I.—Provoca en la región grandes estructuras de plegamiento tumbadas. En esta Hoja no se observan, pero como correspondientes al flanco invertido de una de ellas se han interpretado los afloramientos del área de Alija del Infantado, pertenecientes al dominio del «Domo de Lugo». Esta interpretación la hemos basado en que al ser al N los buzamientos de la estructura nos veíamos obligados a admitir una vergencia al SO que no está de acuerdo con la regional. Solamente admitiendo la serie invertida deduciríamos un gran pliegue tumbado, que por otra parte está de acuerdo con la estructura de la zona III.

Fase II.—Según el autor anteriormente citado es de gran intensidad, dando lugar a mantos de corrimiento. A ella atribuimos el cabalgamiento de la Zona IV sobre la III y que intuimos por el valle del Eria.

Fase III.—Provoca un plegamiento concéntrico y similar a la vez, vergente al NE y de dirección NO-SE. Es el que se observa en la cuarcita armoricana de Sierra Verdenosa.

Fase IV.—Da lugar a la gran estructura anticlinal de Sanabria o «antiforma del Olo de Sapo» de dirección NO-SE y de la que esta Hoja se sitúa en el flanco N.

Fase V.—Atribuimos a ella un microplegamiento concéntrico a escala centimétrica que se hace visible en los niveles de cuarcitas micáceas de la serie de la armoricana.

En cuanto a la fracturación, únicamente se destaca un sistema de dirección NE-SO que es claramente perceptible en la alineación de cuarcitas de la Sierra Verdenosa y que provoca pequeños desplazamientos de los ejes de los pliegues. Según MARTINEZ GARCIA, E. (1973), corresponden a una etapa de distensión, posiblemente al final de las compresiones hercinianas.

Respecto a la edad de estas deformaciones nos remitimos también a los datos de este autor, ya que con los por nosotros recogidos de este área nos resulta imposible cualquier atribución. La fase I sería de edad Wenlock, ya que los materiales de edad Wenlock Superior en otras regiones no están afectados por ella y contienen conglomerados con cantos de rocas metamórficas, producidas por el metamorfismo asociado a esta fase.

Atribuye una edad Fameniense a la fase II, apoyándose en el efecto que haya podido producir en la Cordillera Cantábrica, único área de referencia por haber tenido sedimentación durante el Paleozoico Medio y Superior.

La fase III la considera de edad anterior al Westfaliense y la IV la hace corresponder con la leónica o la astúrica. Las fases tardías podrían, para este autor, corresponder con la Saálica y la Pfálcica.

Las series miocenas son atectónicas, tanto en cuanto a plegamiento como a fracturación, o al menos las precarias condiciones de afloramiento y el carácter masivo de las series permite decir muy poco al respecto. Solamente hay ligeras manifestaciones del primero en puntos muy localizados y nunca a gran escala.

Los sedimentos miocenos yacen horizontalmente sobre el basamento paleozoico, sin tan siquiera amoldamiento sinsedimentario al relieve que fosiliza.

Únicamente y en puntos muy localizados, se han observado suaves deformaciones o basculamientos de la serie. Uno de los mejores ejemplos se encuentra en la trinchera de la carretera nacional VI, a la altura del kilómetro 268,300, donde en las arcillas de la «facies marginal» se observan dos pliegues (anticlinal y sinclinal) de amplio radio.

Por otra parte el trazado rectilíneo de la mayoría de los cursos fluviales y su disposición según determinados sistemas de orientación preferentes

llevan forzosamente a relacionarlos con sistemas de fracturación. Su importancia e implicaciones, tanto en las estructuras hercínicas como en las series miocenas, es algo que desconocemos con precisión, en gran parte a que están ocultos por ser asentamiento de las extensas llanuras de inundación. De todas formas, en las alineaciones hercínicas no parecen tener repercusión, ya que no sufren variación alguna. En cuanto a las series miocenas, su monotonía y las precarias condiciones de afloramiento, tampoco permiten decir nada al respecto.

El desarrollo a escala regional de estas líneas de debilidad parece reflejar influencia del zócalo. Sus direcciones son N-S, NO-SE y NE-SO; estas últimas con diferentes ángulos.

Esta tectónica tiene también reflejo a menor escala en posibles pequeñas fracturas con ligeros desplazamientos en la vertical de las terrazas cuaternarias. Los ejemplos nunca son claros y dejan entrever también causas posible y meramente erosivas (acción fluvial lateral al pie de escarpes). El mejor ejemplo se encuentra en el mismo punto kilométrico anteriormente citado.

Son también frecuentes los desplazamientos en la vertical de pequeños promontorios de arcillas miocenas coronadas por una pequeña montera de terraza, que jalonan los frentes de los escarpes. Los atribuimos a fenómenos puramente gravitacionales.

Es de destacar el desplazamiento de los ríos hacia la margen izquierda de su valle, lo que es indicio de la existencia de un posible basculamiento generalizado. Por otra parte, la distribución de los sistemas de terrazas en ambos márgenes no indica nada al respecto, únicamente las de la red afluyente del Cea, desarrolladas tan sólo en la margen derecha, parecen estar de acuerdo con esta idea.

Las suaves deformaciones y basculamientos a pequeña escala en la serie miocena podrían corresponder a la fase tectónica Rodánica, que es la misma que deformó las calizas de los Páramos (J. M. MABESOONE, 1961).

Los últimos movimientos corresponden a un levantamiento generalizado con posible basculamiento hacia el E, ya citado, y que ha provocado el paulatino encajamiento de la red fluvial.

3 HISTORIA GEOLOGICA

Dada la escasa representación de la serie Precámbrico-Paleozoica, poco podemos decir sobre su proceso evolutivo. En el Precámbrico Superior-Cámbrico, según MARTINEZ GARCIA, E. (1973), la sedimentación se produce en un mar somero con importante aporte volcánico proveniente del O o SO. Más al NE, en la zona comprendida entre Sanabria y Asturias la sedimentación es de tipo pelítico, fundamentalmente.

Durante el Ordovícico Inferior se uniformiza la sedimentación en todas las áreas, aunque según este autor los sedimentos de Zamora son más de tipo eugeosinclinal en relación con regiones vecinas, como Asturias.

Una serie de fases de plegamiento, fracturación que se iniciaría en el Wenlock, se prolongan por todo el Paleozoico Medio y Superior correspondiendo ya al ciclo Hercínico.

Una gran laguna abarca en nuestro área desde el Ordovícico Inferior hasta el Mioceno, por lo que no tenemos datos durante ese importantísimo lapso de tiempo de los sucesos acaecidos.

La representación en superficie de la serie miocena es mínima, si se compara con la totalidad de la potencia obtenida por sondeos. Esto hace que la visión que pueda ofrecerse de su proceso evolutivo sea forzosamente muy parcial.

La sedimentación comienza en el Mioceno a partir de un área fuente hercínica, con un relieve enérgico, que por su orientación estructural tiene unos límites muy irregulares con la cubeta de sedimentación, determinando un relieve de largos valles y alineaciones que desembocan oblicuamente en ella. Esto provoca un amplio área de interacción entre ambas, que una vez colmatada la cuenca, se manifiesta en una penetración de los sedimentos por los valles aislando las alineaciones e incluso pequeños núcleos que quedan en sus extremos emergiendo de los sedimentos.

Los depósitos son siempre continentales y de régimen fluvial. En el área occidental, correspondiente a la «Facies marginal», domina un régimen de mayor energía (abundancia de microconglomerados y areniscas gruesas muy heterométricas) con transporte corto y, en apariencia, sedimentación bastante continua. Tan sólo la presencia de caliches de escaso desarrollo sería indicio de interrupciones esporádicas, señalándose al mismo tiempo la presencia de un clima con fuerte evaporación, pero con cierto grado de humedad, posiblemente de variación estacional.

La sedimentación, eminentemente arcillosa, aun siendo facies de borde, parece corresponder a un área fuente sometida a intensa meteorización. El aporte podría corresponder al tipo de arroyada en manto con escorrentía lineal en determinados puntos donde se concentrarían los detríticos gruesos.

Más al E, coincidiendo ya con la «facies Tierra de Campos», son frecuentes los niveles conglomeráticos con elementos heredados de los mismos sedimentos miocenos y los tramos de arenas y areniscas con laminaciones cruzadas atribuidas a facies de «point-bar». Esto nos ofrece la imagen de un área más interna de la cuenca, de débil pendiente, donde ya se definen perfectamente unos cursos fluviales que intuimos meandriformes. Estos engloban elementos de su propio cauce, pero donde la erosión lineal no es profunda, aunque si más intensa la acción de zapa lateral de los canales.

No existen elementos de juicio para probar la existencia de movimientos anteriores a la fase Rodánica, que provoca suaves ondulaciones en las

calizas de los Páramos, ya que probablemente se manifestaron en rejuvenecimientos del relieve y aumento de la intensidad del aporte.

La sedimentación en el Mioceno concluye con el depósito de las calizas de los Páramos, facies muy alejadas de este área hacia el centro de la cuenca y que la colmatan.

Así, se da paso al Cuaternario, cuyos primeros depósitos corresponden a las terrazas fluviales con sus ocho niveles, pertenecientes a otras tantas pulsaciones dentro de un movimiento generalizado de levantamiento. Movimiento que aun persiste, como lo prueba la existencia de pequeños aterrazamientos en las llanuras de inundación. Al mismo tiempo ha habido un paulatino decrecimiento de la energía del régimen fluvial.

4 PETROLOGIA

El metamorfismo que afecta a todas las series paleozoicas de la Hoja es de grado muy bajo, según la terminología empleada por WINKLER, H. G. P. (1970). Las rocas encajan en unas condiciones genéticas que como mucho se sitúan en los comienzos de la isograda de la biotita.

En la serie atribuible a Cándana, el grado de recristalización de los minerales y el desarrollo de esquistosidades es notablemente menor que en el dominio del «Olo de Sapo».

5 GEOLOGIA ECONOMICA

5.1 CANTERAS

En el ámbito de la Hoja sólo hay en actividad dos canteras, existiendo además varios indicios y antiguas explotaciones.

Las activas son las de la cerámica de Benavente, en arcillas, y la otra en el cortado de la margen izquierda del Esla, junto a la carretera de Fuentes de Ropel a Villafer, al N inmediato del caserío de Belvis.

Otras explotaciones, aunque abandonadas, son en las cuarcitas, en las pizarras y en las dolomías paleozoicas. Se localizan en los apuntamientos al N de Benavente y en los afloramientos del área NO de la Hoja (Alija del Infantado, Maire de Castroponce, Altobar de la Encomienda, etc.).

Las antiguas explotaciones en las arcillas y arenas son las más frecuentes. De las últimas, algunas en las terrazas bajas (Caserío de Belvis).

En cuanto a las canteras de grava, tenemos como más importantes las situadas en los términos de Villafer y Cimanes de la Vega, con un total de ocho entre ambos. Otras se encuentran en las terrazas, en Villaquejida y en el km 7 de la carretera de Orense.

5.2 HIDROGEOLOGIA

El Instituto Geológico y Minero de España a través de la División de Aguas Subterráneas y dentro del Programa de Investigación de Aguas Subterráneas, comenzó en el año 1972 el estudio geológico de la Cuenca del Duero, aunque anteriormente había realizado estudios parciales en colaboración con diversas Diputaciones Provinciales.

Para el estudio a gran escala de esta extensa cuenca hidrogeológica, se comenzó por realizar una puesta al día de los conocimientos hidrogeológicos básicos, indispensables para la preparación de programas de investigación ambiciosos, cuyo fin será determinar los recursos de aguas subterráneas de la cuenca, las zonas apropiadas de explotación, los métodos y régimen apropiados de explotación. Se centró el interés, en primer lugar, en los acuíferos cautivos del Terciario, que son los más importantes.

Para ello se han seleccionado 504 sondeos, en los que se realizan medidas periódicas al objeto de observar la fluctuación de niveles de agua. En la zona se ha observado que entre noviembre de 1972 y marzo de 1973 hay un ascenso de los niveles de hasta 2 m. en el sector noroccidental. Para conocer los parámetros hidrodinámicos se han ejecutado 30 ensayos de bombeo, con los que se han obtenido los primeros valores de transmisibilidad y coeficiente de almacenamiento. En estos trabajos ha colaborado el IRYDA a través de su Parque de Maquinaria. También se hicieron análisis de contenido de tritio para estudiar el tiempo de permanencia del agua en los acuíferos; análisis de datos hidrológicos (pluviometría, evapotranspiración y caudales base de los ríos) y una primera evaluación de los volúmenes de agua extraída (se estima del orden de $135 \text{ Hm}^3/\text{año}$ en la cuenca).

En función de estos datos, se han establecido unas primeras conclusiones, que pueden resumirse en:

- Los niveles permeables (arenas arcillosas, gravas, arenas y conglomerados), se disponen en forma irregular.
- En la circulación del agua juega un importante papel el drenaje vertical a través de los niveles arcillosos.

Con las medidas realizadas en la red piezométrica establecida se construyó un mapa piezométrico de la Cuenca Terciaria del Duero, que ha permitido obtener una serie de conclusiones respecto al comportamiento hidrodinámico de la cuenca. Consultada la bibliografía mundial existente

sobre acuíferos análogos se llegó a la siguiente conclusión (J. PORRAS MARTIN, 1973).

«La circulación de los acuíferos cautivos profundos tiene lugar sin el mantenimiento del caudal horizontal circulante, o lo que es lo mismo, existe un drenaje vertical, a través de los niveles arcillosos, debido a las diferencias de presión entre el agua en el acuífero o acuíferos cautivos y los niveles libres superiores.

Esta pérdida de caudal cambia por completo la interpretación del mapa piezométrico obtenido, ya que, en nuestro caso, las áreas bajo los ejes de los ríos, que en una interpretación clásica representarían zonas con una circulación horizontal preferente, representan más bien bandas de caudal nulo, en las cuales, en profundidad, horizontalmente y en dirección del río, no circula caudal hacia la salida de la cuenca, a pesar de las consideraciones que se pueden hacer sobre las diferencias de energía potencial.

De esta forma se explica la relación de la piezometría con los niveles topográficos, ya que estas son las que gobiernan la piezometría profunda, al representar, en último término, el drenaje de los acuíferos cautivos.

Esta consideración cambia por completo el enfoque del problema sobre todo desde el punto de vista hidrodinámico, ya que se pone en juego un nuevo parámetro, la permeabilidad vertical, y anula, además, el sistema de interpretación intuitivo clásico de las curvas piezométricas, que en este caso sólo podrán estudiarse a base de modelos matemáticos de dos o más capas, con intercambio vertical y niveles impuestos en la capa superior.»

Las precipitaciones en la región son escasas, oscilando entre los 440 mm. al E e ir aumentando hacia el NO, donde alcanzan valores próximos a los 540 mm. El clima es continental extremado con inviernos fríos y lluviosos y veranos cálidos, alcanzándose en el período julio-agosto temperaturas medias superiores a los 20° C.

La evapotranspiración es alta, alcanza valores próximos o superiores al 75 por 100 de la pluviometría, quedando unos valores de lluvia útil, escorrentía superficial y subterráneas del orden de los 50 mm. anuales.

En la Hoja de Benavente las formaciones que tienen un mayor interés hidrogeológico son los sedimentos Terciarios y los depósitos fluviales. De escasa importancia desde el punto de vista hidrogeológico son los afloramientos paleozoicos que afloran al O de la Hoja, y que pueden dar lugar a pequeñas surgencias en el contacto con las cuarcitas y dolomías, con los niveles pizarrosos.

Del funcionamiento hídrico del Terciario, ya hemos hablado anteriormente, y en él se encuentran las mayores posibilidades de aforar caudales de agua. En el Terciario se han censado 208 puntos de agua, que explotan las aguas en varios acuíferos de esta formación. Estos sondeos suelen ser profundos, y generalmente los situados en la parte occidental alcanzan el techo del Paleozoico. Los caudales son variables dependiendo del número

de acuíferos cortados y su espesor, oscilando alrededor de la decena de litros por segundo. La calidad de las aguas es buena y son empleadas para el abastecimiento urbano.

La transmisibilidad de estos acuíferos es del orden de $1,5 \text{ m}^2/\text{h.}$, conocida gracias a un ensayo de bombeo realizado por la División de Aguas Subterráneas del IGME, en un sondeo del I. N. C. en el término de Villafer.

En las dos terceras partes de la Hoja los sondeos que atraviesan los acuíferos terciarios son surgentes (véase gráfico adjunto).

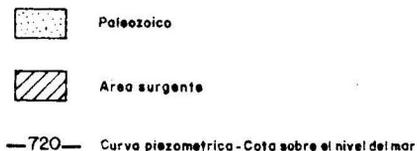
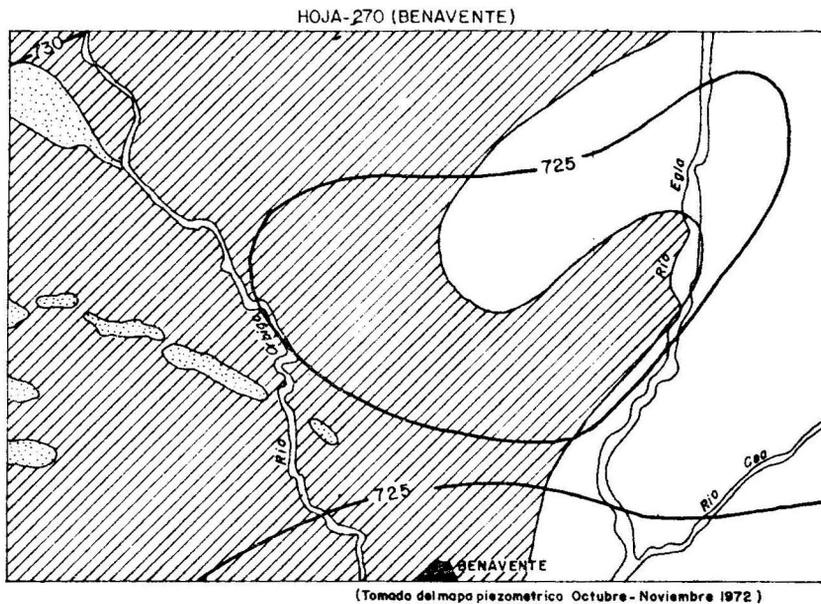


Figura 1

En el Archivo Central de la División de Aguas Subterráneas del IGME, existe ya codificado en fichas especiales para su tratamiento por ordenador, datos de puntos de agua de esta Hoja.

Dentro de los depósitos fluviales, la formación de mayor interés son las llanuras aluviales, donde se concentran gran parte de las obras de captación. Estas aguas, aunque de mala calidad, se aprovechan para el regadío. Los pozos en el Cuaternario son de gran diámetro y de pequeña profundidad, con caudales muy fluctuantes.

Las terrazas tienen muy poca importancia, ya que suelen estar desconectadas hídricamente unas de otras, y unido a su pequeño espesor, no tienen mayor interés y su aprovechamiento sólo sería útil para pequeñas demandas de agua.

6 BIBLIOGRAFIA

- AEROSERVICE, LTD. (1967).—«Mapa geológico de la cuenca del Duero. Escala 1:250.000». Inst. Nac. de Colonización. IGME, Madrid.
- ALBERDI, M. T., y AGUIRRE, E. (1970).—«Adiciones a los Mastodontes del Terciario español». *Est. Geol.*, vol. XXVI, núm. 4, pp. 401-415. Inst. Lucas Mallada. C. S. I. C., Madrid.
- BERGOUNIOUX, F., y CROUZEL, F. (1958).—«Les mastodontes de l'Espagne». *Est. Geol.*, vol. XIV, pp. 223-365. Inst. Lucas Mallada. C. S. I. C. Madrid.
- ESPEJO, R.; TORRET, J., y ROQUERO DE LABURU, C. (1973).—«Contribución a la caracterización de niveles superiores de terrazas fluviales en ríos españoles». *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, tomo 71, números 3-4, pp. 231-236.
- HERNANDEZ PACHECO, E. (1915).—«Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia». *Com. de Inv. Pal. y Prehist.* 5, Madrid.
- HERNANDEZ PACHECO, F. (1930).—«Fisiografía, geología y paleontología del territorio de Valladolid». *Com. de Inv. Pal. y Prehist.*, 37, Madrid.
- I. G. M. E. (1970).—«Hoja núm. 19, León. Escala 1:200.000».
- (1971).—«Estudio hidrogeológico de la cuenca terciaria de la provincia de Zamora». División de Aguas Subterráneas del IGME. (Inédito.)
- (1972).—«Mapa hidrogeológico de España a escala 1:1.000.000 y Mapa de Síntesis de acuíferos».
- «Inventario de puntos de agua de la cuenca del Duero». Archivo Central de la División de Aguas Subterráneas del IGME.
- LLOPIS LLADO, N., y FONTBOTE, J. (1959).—«Estudio geológico de la Cabrera Alta (León)». *Monogr. Geol.*, XIII, Inst. Geol. Apl., Oviedo.
- MABESOONE, J. M. (1961).—«La sedimentación terciaria y cuaternaria de una parte de la cuenca del Duero (provincia de Palencia)». *Estudios Geológicos*, vol. XVII, núm. 2, Inst. Lucas Mallada. C. S. I. C. Madrid.

- MARTINEZ GARCIA, E. (1971).—«Esquema geológico del Noroeste de la provincia de Zamora». *I Congr. Hisp. Luso Amer. Geol. Econ.*, Sec. I, tomo I, pp. 273-286, Madrid.
- (1973).—«Deformación y metamorfismo en la zona de Sanabria (provincias de Zamora, León y Orense, Noroeste de España)». *Studia Geológica*, vol. V, pp. 7-106.
- MATTE, Ph. (1968).—«La structure de la virgation hercynienne de Galice (Espagne)». *Trav. Lab. Geol. Univ. Grenoble*, tomo 44, pp. 153-281.
- PORRAS MARTIN, J. (1973).—«Estudio hidrogeológico de la cuenca del Duero». *Boletín IGME*, tomo LXXXIV.
- PUIG y LARRAZ (1883).—«Descripción física, geológica y minera de la provincia de Zamora». *Mem. Com. Mapa Geol. Esp.*, 1 vol., 488 pp.
- WALTER, R. (1963).—«Beitrag zur Stratigraphie des Kambriums in Galicien (Nordwest Spanien)». *N. Jb. Geol. Palaont. Abh.* 117, pp. 360-371.
- WINKLER, H. G. F. (1970).—«Abolition of metamorphic facies. Introduction of the four Divisions of Metamorphic Stage and of a Classification based on Isograds in Common Rocks». *N. Jb. M. Miner. Mh. Jg.*, H. 5, pp. 189-248.