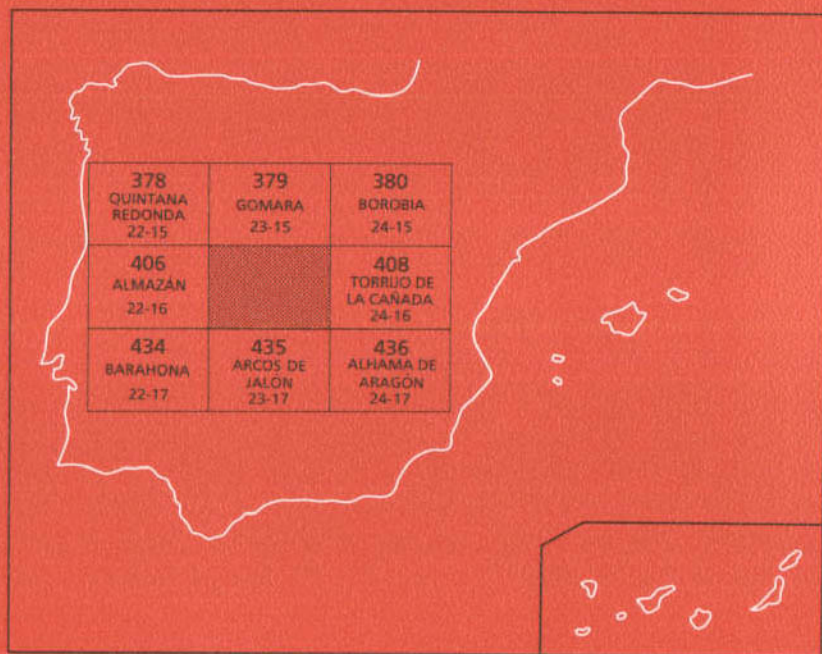




MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:1:50.000

Segunda serie - Primera edición



MORÓN DE ALMAZÁN

El Instituto Tecnológico GeoMinero de España, ITGE, que incluye, entre otras, las atribuciones esenciales de un «Geological Survey of Spain», es un Organismo autónomo de la Administración del Estado, adscrito al Ministerio de Industria Comercio y Turismo, a través de la Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales (R.D. 1270/1988, de 28 de octubre). Al mismo tiempo, la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica le reconoce como Organismo Público de Investigación. El ITGE fue creado en 1849.

Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

MORÓN DE ALMAZÁN

Primera edición

MADRID, 1991

Fotocomposición: Cartografía Madrid, S.A.

Depósito Legal: M-38019-1991

NIPO: 232-91-001-4

La presente Hoja y su memoria explicativa ha sido realizada por INTECSA (Internacional de Ingeniería y Estudios Técnicos, S. A.), como parte de la Unión Temporal de Empresas INTECSA-ENADIMSA y dentro del programa MAGNA, con normas, dirección y supervisión del ITGE (Instituto Tecnológico GeoMinero de España).

Han intervenido los siguientes técnicos superiores:

Dirección y Supervisión

- Gabaldón López, V. (ITGE)
- Martín Serrano, A. (ITGE)

Autores

- Lendínez González, A. (INTECSA)
Jefe de Proyecto, Sedimentología del Terciario, Cartografía y Memoria
- Valverde Hernández, M. F. (INTECSA)
Cartografía y Memoria

Colaboradores

- Simón Gómez, J. L. (Universidad de Zaragoza). Tectónica del ciclo Alpino.
- Cabra Gil, P. Geomorfología.
- Tena-Dávila, M. Geología Económica. Minería y Canteras.
- Del Pozo, J. (INTECSA). Geología Económica-Hidrogeología.
- Granados Granados, L. (ENADIMSA). Micropaleontología.
- ENADIMSA. Laboratorios.

Se pone en conocimiento del lector que en el ITGE existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria constituida por:

- Mapa geomorfológico E = 1:50.000.
- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Informes sedimentológicos y micropaleontológicos de dichas muestras.
- Fichas bibliográficas, fotografías y demás información.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7
1. ESTRATIGRAFIA	8
1.1. Terciario	8
1.1.1. Conglomerados, arcillas, areniscas y margo-calizas (1). Paleógeno-Mioceno inferior	10
1.1.2. Conglomerados, areniscas y arcillas marrones (2). Mioceno inferior-medio	12
1.1.3. Areniscas y arcillas rojas (3). Mioceno inferior-medio	12
1.1.4. Margas y margo-calizas blancas (4). Mioceno inferior-medio	13
1.1.5. Areniscas silíceas y arcillas (5). Mioceno medio-Plioceno	13
1.1.6. Calizas, margo-calizas, margas y arcillas (6). Mioceno medio-Plioceno ..	14
1.1.7. Conglomerados, areniscas y arcillas (7). Plioceno	14
1.1.8. Arcillas marrones (8). Plioceno	15
1.1.9. Margo-calizas y calizas blancas (9). Plioceno	15
1.2. Cuaternario	16
1.2.1. Glacis (10). Cuaternario s. I	16
1.2.2. Arcillas y cantos sueltos. Terrazas (11). Pleistoceno	16
1.2.3. Gravas, arenas y arcillas. Aluvial (12). Cuaternario s. I.	16
1.2.4. Arcillas, arenas con gravas. Coluvial (13). Cuaternario s. I.	16
1.2.5. Limos, gravas y arcillas. Conos de deyección (14). Cuaternario s. I. .	17

2. TECTÓNICA	17
2.1. Descripción macroestructural	17
2.2. Datos microestructurales	18
2.3. Interpretación tectónica	20
3. GEOMORFOLOGÍA	23
4. HISTORIA GEOLÓGICA	24
5. GEOLOGÍA ECONÓMICA	26
5.1. Minería y Canteras	26
5.2. Hidrogeología	28
6. BIBLIOGRAFÍA	33

INTRODUCCIÓN

La memoria de la Hoja geológica de Morón de Almazán (407) a escala 1:50.000, trata de explicar la geología del sector cartografiado. Abarca los capítulos de Estratigrafía, Tectónica, Geomorfología, Historia Geológica y Geología Económica.

La Hoja de Morón de Almazán se sitúa en la provincia de Soria. Forma parte de la cuenca de Almazán, que constituye el extremo más oriental de la cuenca del Duero.

Morfológicamente es una zona de relieves suaves. Las cotas inferiores (850 m) se sitúan hacia el SE de la Hoja, mientras que las cotas superiores (1.150 m) aparecen en el centro N y S, así como al SO de la misma, destacando el Monte Moedo y la Sierra de Hontalvilla, como elevaciones más importantes.

En el ámbito de la Hoja se encuentra la divisoria de aguas de las cuencas hidrográficas de los ríos Ebro y Duero. La primera ocupa la mitad oriental, mientras la del río Duero, cauce que discurre por el ángulo NO, ocupa la mitad occidental. Cabe destacar como afluente de éste al río Morón, que da lugar a un importante sistema de terrazas en el ángulo NO de la Hoja. Otros cauces como el Arroyo de la Cañada y el río Nágima son tributarios del río Jalón y éste, a su vez, del Ebro.

Desde el punto de vista administrativo, la Hoja de Morón de Almazán se ubica dentro de la Comunidad Autónoma de Castilla y León y pertenece íntegramente a la provincia de Soria. Sus poblaciones más importantes son Serón de Nagima y Morón de Almazán, junto con otros pequeños núcleos repartidos, fundamentalmente, por los cuadrantes occidentales. En líneas generales, la zona presenta una baja densidad de población.

Geológicamente está constituida por materiales terciarios y cuaternarios. Los más antiguos afloran en el ángulo NE y corresponden al Paleógeno.

Los antecedentes geológicos sobre la región son escasos y de carácter muy general. Cabe citar los trabajos de SÁNCHEZ DE LA TORRE (1.963 y 1.974), en los que describe el borde Mioceno de Arcos de Jalón y un análisis estratigráfico de la cuenca de Almazán. Por otra parte, MELENDEZ *et al.* (1.982) relacionan la cuenca de Almazán con la fosa de Calatayud-Teruel y señalan una comunicación entre ambas durante el Mioceno superior.

A su vez, para la realización de la cartografía se ha tenido en cuenta la Hoja número 31 a escala 1:200.000 de Soria.

Todos estos estudios se han complementado con la interpretación en profundidad de las cubetas terciarias y del funcionamiento de los acuíferos, mediante la información geofísica, ya existente, o las nuevas campañas que como documentación complementaria se han realizado. En la figura 1 se indica la situación de los perfiles sísmicos y de los sondeos eléctricos verticales que se han reinterpretado y realizado, respectivamente.

1. ESTRATIGRAFÍA

En la presente Hoja afloran materiales pertenecientes al Terciario y Cuaternario, en los que se han considerado diferentes unidades cartográficas, atendiendo a criterios exclusivamente litoestratigráficos, por falta de indicios paleontológicos significativos. La cronoestratigrafía de estas unidades se ha efectuado teniendo en cuenta criterios cartográficos y de facies, equivalentes en Hojas limítrofes.

1.1. Terciario

La práctica totalidad de la Hoja de Morón de Almazán se encuentra cubierta por depósitos terciarios, a excepción de los fondos de valle y aledaños ocupados por depósitos cuaternarios.

El análisis estratigráfico de los materiales terciarios de la cuenca de Almazán se ve obstaculizado por tres problemas básicos: Monotonía de facies (frecuentemente detríticas), escasez de registro fósil al que recurrir para asignar edades con criterios bioestratigráficos y falta de continuidad de afloramiento entre muchas de las unidades.

Estos hechos condicionan los resultados de dicho análisis, puesto que se carece de criterios cartográficos y bioestratigráficos suficientemente fiables para correlacionar las unidades que se

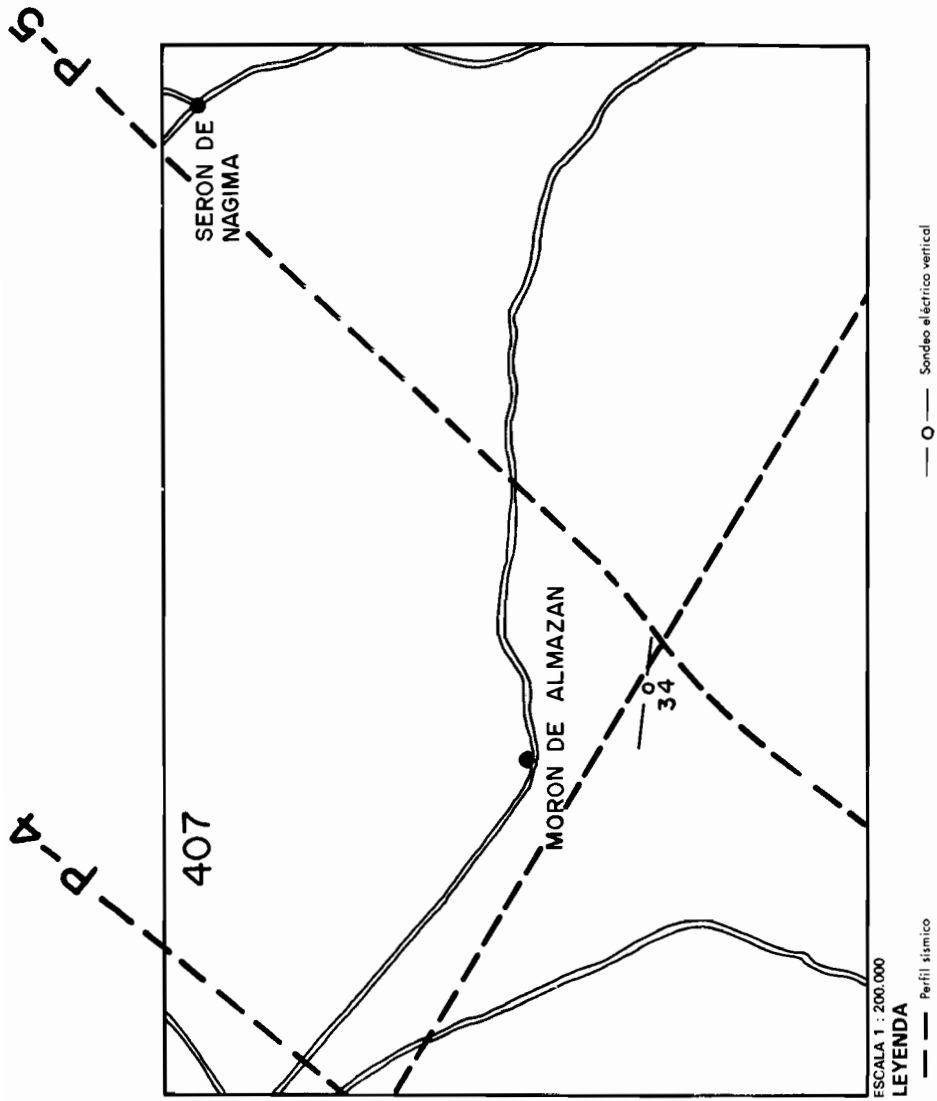


Fig.- 1 Esquema de situación de los perfiles sísmicos reinterpretados y sondeos eléctricos verticales (S.E.V.)

establecen en las diferentes áreas de la cuenca.

Sin embargo, debido al conocimiento que se posee de las unidades tectosedimentarias (UTS) de la fosa de Calatayud-Teruel y a su proximidad geográfica a la cuenca de Almazán, que permite suponer la simultaneidad de sucesos tectónicos y, por tanto, de los dispositivos sedimentarios correlativos a ellos, se ha recurrido a la correlación de las unidades de la cuenca de Almazán con las de la citada fosa, cuya evolución secuencial y temporal es mucho mejor conocida. Por otra parte, se han tenido en cuenta las dataciones efectuadas en las Facies «Páramo», que aportan datos cronoestratigráficos fiables. Otros yacimientos conocidos son el de Cetina (ARENAS *et al.*, 1.987) situado en la Hoja 436 (Alhama de Aragón) y el de Escobosa de Calatañazor (LOPEZ MARTINEZ *et. al.*, 1.977) que se encuentra en la Hoja 378 (Quintana Redonda). En ambos casos no se tiene constancia de su verdadera situación y, para el yacimiento de Escobosa de Calatañazor, la bibliografía indica que se trata de un relleno situado en una fisura kárstica, por lo que la edad determinada no necesariamente debe coincidir con la de los materiales suprayacentes.

La correlación llevada a cabo con los criterios expuestos se ha aplicado a la totalidad de las Hojas que componen la cuenca y, en consecuencia, las atribuciones de los materiales a las distintas UTS pueden aparentemente no tener justificación, si sólo se considera una Hoja.

Las UTS identificadas y sus edades respectivas son:

- UTS T₁: Paleoceno (su base puede pertenecer al Cretácico terminal) (Maastrichtiense).
- UTS T₂: Paleoceno-Oligoceno inferior.
- UTS T₃: Oligoceno (Sueviense-Arverniense).
- UTS T₄: Oligoceno-Mioceno inferior (Arverniense-Ageniense).
- UTS T₅ y T₆: Mioceno medio (Ageniense-Aragoniense). Están constituidas por dos hem Ciclos cuya separación no es siempre clara. En algunas Hojas de la cuenca se representa como una sola unidad y en otras se separan.
- UTS T₇: No se ha identificado con claridad, aunque probablemente corresponde a los materiales basales de la Facies «Páramo inferior».
- UTS T₈: Mioceno superior-Plioceno (Turolense-Rusciniense). Corresponde a la unidad cuyas facies terminales constituyen el Páramo inferior o Páramo 1.
- UTS T₉: Plioceno. Comprende los materiales que componen la secuencia del Páramo superior o Páramo 2.

1.1.1. Conglomerados, arcillas areniscas y margo-calizas (1). Paleógeno-Mioceno inferior

Esta unidad aflora en el ángulo NE de la Hoja y corresponde al extremo oriental de la estructura anticlinal Cihuela-Bordalba-Serón de Nágima, situada en la vecina Hoja de Torrijo de la Cañada

(408). El límite inferior lo constituye una discordancia sobre la unidad del Eoceno, sólo observado en la Hoja de Torrijo de la Cañada.

La unidad suprayacente se apoya mediante una discordancia angular sobre ésta.

Litológicamente está constituida por conglomerados, arcillas pardo-rojizas, areniscas, calizas y margo-calizas blancas. Los conglomerados están formados por cantos calcáreos (fundamentalmente del Jurásico) y en menor proporción de areniscas y dolomías del Triásico. El centil aproximado es de 15 cm y todo el conjunto se encuentra englobado en una matriz arenosa (*grain supported*).

Presentan bases erosivas, constituyendo secuencias granodecrecientes, con estratificación cruzada en surco en la base y estratificación cruzada de bajo ángulo en las areniscas de techo.

Las calizas dan resalte morfológico y están intercaladas entre margas, en bancos de 1 a 3 m. Presentan nodulizaciones, laminaciones de algas y desarrollo de grietas de desecación.

Estos materiales se interpretan como depósitos de sistemas aluviales con canales trenzados en la base. Hacia el techo dominan depósitos de llanura lutítica con zonas de encharcamientos colaterales a los canales. El conjunto corresponde a depósitos de abanico aluvial en facies medias-distales.

Por correlación con las unidades tectosedimentarias de la cuenca de Calatayud-Teruel, se hace equivalente esta unidad con la UTS T₄, que tiene una edad Paleógeno-Mioceno inferior (Arvernien-se-Ageniense).

1.1.2. Conglomerados, areniscas y arcillas marrones (2). Mioceno inferior-medio

Aflora al NE de la Hoja, en las proximidades de Serón de Nágima, en discordancia angular sobre la unidad anteriormente descrita.

Litológicamente está constituida por conglomerados, formados por cantos calizos (80 %) y silíceos (cuarcíticos y areniscosos), con centilo aproximado de 20 cm, redondeados, con textura granosostenida y matriz cálcarea. Presentan estratificaciones cruzadas.

En la serie realizada en la carretera de Maján al cruce de Serón de Nágima, se observa que los conglomerados se disponen en forma de canales, 2-3 m de espesor, con bases erosivas, estratificaciones cruzadas planares y en surco de gran escala, así como arcillas en el techo, dando lugar a secuencias granodecrecientes. Hacia la mitad de la serie existen areniscas en forma de lentejones o pequeños cuerpos tabulares de poca extensión lateral, con potencias inferiores a 1 m que están intercalados entre arcillas. En el techo predominan de nuevo los conglomerados dispuestos en forma de canales y barras. La potencia aproximada de la unidad es de 80 m.

Las características texturales y geométricas de las litofacies descritas hacen suponer que serían propias de depósitos de canales *braided*, dentro de un sistema de abanico aluvial, correspondiendo los conglomerados a barras longitudinales y canales. Las areniscas corresponderían a momentos de descenso del flujo o migración de *megaripples* sobre las barras, mientras que las facies

arcillosas representarán la llanura de inundación de estos canales. Las paleocorrientes que se han medido presentan una dispersión muy pequeña (180° N, 200° N, 210° N).

Se relacionan con las UTS T₅ y T₆ que corresponden al Mioceno inferior-medio (Ageniense-Aragoniense).

1.1.3. Areniscas y arcillas rojas (3). Mioceno inferior-medio

Aflora en la zona oriental y sur de esta Hoja (Cañamaque, Valtueña, Chércoles, Puebla de Eca).

Se ha interpretado como cambio lateral de facies de la unidad anterior. Su límite inferior es una suave discordancia angular sobre los conglomerados, arcillas, areniscas y margo-calizas de la unidad cartográfica (1).

Litológicamente está constituida por areniscas de grano medio-grueso, ocre, con pequeños niveles de cantos cuarcíticos de 1 cm de diámetro medio. También presenta calizas en niveles de 10 cm de espesor y conglomerados con cantos silíceos y calcáreos, con matriz calcárea y poco cementados, además de arcillas rojas.

En la serie que tiene su base en el Arroyo de la Dehesa (en las proximidades de Chércoles) con una potencia aproximada de 150 m, se observan areniscas de grano grueso en una sucesión de canales con un espesor, generalmente, inferior a 3 m, con bases erosivas, depósitos de *lag*, estratificación cruzada de surco y que constituyen secuencias granodecrecientes, con arcillas de color ocre en el techo. A medida que se asciende en la serie, se observan canales conglomeráticos, con procesos de corte y relleno. Hacia el techo presentan areniscas con bioturbación y estratificación cruzada de surco, así como cuerpos tabulares con base y techo planos. Los centilos son generalmente de 15 a 20 cm.

Respecto a los tramos arcillosos son más abundantes en la parte superior de la serie, dando morfologías acaravadas. Estos presentan intercalaciones de lentejones de areniscas con estructuras canalizadas.

Sus facies se podrían interpretar como propias de canales *braided* arenosos, con arcillas que representan la llanura de inundación.

En la serie observada a lo largo de la Carretera Nacional 116 (al E de la Hoja) se observan areniscas en bancos tabulares de poca extensión, con superficies de acreción lateral y que se interpretarían como posibles depósitos de *point-bar* en canales de alta sinuosidad.

Las paleocorrientes que se han medido en esta zona, muestran una gran dispersión (N 100° E, 200 N), de acuerdo con el carácter divagante de los canales. En conjunto esta unidad representaría facies medias-distales de abanico aluvial.

Al interpretarse como cambio lateral de facies de la unidad Conglomerados, areniscas y arcillas marrones (2), se atribuye a las UTS T₅ y T₆ con edad Mioceno inferior-medio.

1.1.4. **Margas y margocalizas blancas (4). Mioceno inferior-medio**

Aparece en el cuadrante suroriental. Es la terminación septentrional de una amplia unidad carbonatada que aflora en la Hoja de Arcos de Jalón (435) y que se ha cartografiado como unidad 21. Representa, pues, el techo y cambio lateral de las unidades «Areniscas y arcillas rojas (3)» de la Hoja de Morón de Almazán (407) y «Areniscas y arcillas marrones (20)» de la Hoja de Arcos de Jalón (435). A su vez es techo y cambio lateral de facies de la unidad arcillo-yesífera (21) de la misma Hoja de Arcos de Jalón.

Litológicamente, en el conjunto de las dos hojas, esta unidad se encuentra constituida por calizas blancas, micríticas (*mudstone*) y margo-calizas blancas y grises, estratificadas irregularmente, a veces, con aspecto masivo. Alternan con arcillas calcáreas y limos carbonatados de tonalidades grises y de aspecto noduloso. El conjunto presenta un espesor entre 60 y 70 m (Hoja de Arcos de Jalón 435) y se reduce de forma ostensible 10 a 15 m en la Hoja de Morón de Almazán.

En lo que se refiere a estructuras sedimentarias, éstas son muy escasas, sólo son observables, lechos y tramos con una intensa bioturbación por raíces. Existen también frecuentes nodulizaciones y óxidos de hierro repartidos por toda la unidad.

Desde el punto de vista sedimentológico, estos depósitos representarían el techo de las unidades detríticas inferiores, depositadas en medios palustres y lacustres dentro de un contexto de facies distales de abanico aluvial.

Se han encontrado restos de gasterópodos, mal conservados y de relativo valor cronoestratigráfico, pero su edad es Mioceno inferior-medio al correlacionarse con las UTS T₅ y T₆.

1.1.5. **Areniscas silíceas y arcillas (5). Mioceno medio-Plioceno**

Esta unidad se extiende por el Oeste, con dirección NO-SE y en paraconformidad con las unidades infrayacentes. Se encuentra cubierta en muchas zonas por el Cuaternario, que aquí está muy desarrollado en forma de terrazas y glacis.

Litológicamente está constituida por arcillas que tienen intercalaciones de areniscas de grano medio-grueso y cemento silíceo.

Estos materiales son facies medias-distales de un abanico que procedería del N (las facies se hacen más proximales hacia la Hoja de Gómara 379). Concretamente, el área fuente se situaría en la Sierra de la Demanda, como lo indica la litología fundamentalmente silícea que tendría su origen en un reciclado de los materiales preexistentes (Paleozoicos, Buntsandstein, Weald, Utrillas y Paleógeno).

Debido a ello, esta unidad se diferencia de la subyacente, Areniscas y arcillas rojas (3), que tiene naturaleza mixta (calcárea y silícea), lo que indicaría un área fuente distinta.

Esta unidad se relaciona con la UTS T₈ de la cuenca de Calatayud-Teruel, aunque es posible que los términos basales correspondan a la UTS T₇, por lo que se le da una edad Mioceno medio-Plioceno.

1.1.6. **Calizas, margo-calizas, margas y arcillas (6). Mioceno medio-Plioceno**

Aflora al S y SO de la Hoja (Torreblanca, Agradas, Torremediana, Centenera del Campo). Su límite superior está representado por una paraconformidad.

Litológicamente está constituida por calizas margosas, calizas oquerosas y arcillas calcáreas con tonalidades blanquecinas y grisáceas.

Generalmente, se encuentran mal estratificadas, teniendo un aspecto masivo. Presentan porosidad móldica y fenestral y en los tramos menos cohesionados aparecen derrubias. Esta unidad tiene un espesor medio de 60 m, apareciendo más desarrollada en la vecina Hoja de Almazán (406).

Se puede interpretar como depósitos lacustres que se instalan sobre las facies más distales de un abanico aluvial y, por tanto, representaría el cambio lateral con la unidad cartográfica 5.

Se relaciona con la UTS T₈, al igual que la unidad anterior (5), por lo que su edad es Mioceno medio-Plioceno.

1.1.7. **Conglomerado, areniscas y arcillas (7). Plioceno**

Esta unidad está ampliamente representada en esta Hoja, aflora en el centro y N (Velilla de los Ajos, Mombiona, Alentisque, Maján, Soliedra). Se dispone paraconforme sobre las unidades inferiores y representa un cambio secuencial de carácter granulométrico de la serie Neógena.

Litológicamente está caracterizada por conglomerados poligénicos con cantos calcáreos (80 %) y cuarcíticos (20 %). Tienen matriz arenosa, son heterométricos y redondeados, con centil entre 35 y 40 cm y bases erosivas y estratificación cruzada.

Las areniscas son de grano medio-grueso, con bioturbación y huellas de raíces. En ocasiones presentan poca extensión lateral. Las arcillas son marrones y tienen nódulos carbonatados.

En la serie realizada en Velilla de los Ajos y a lo largo de la carretera a Morón de Almazán se han medido 100 m de alternancias de conglomerados, que se dispone en secuencias estrato y granodecrecientes de 1 a 2 m de espesor, areniscas de grano medio a grueso con estratificación lenticular y arcillas marrones y rojizas que intercalan pequeños cuerpos de areniscas de grano medio a fino.

Los conglomerados tienen bases erosivas, estratificaciones cruzadas en surco y barras de cantos, que en el techo muestran lentejones de areniscas con estratificación cruzada planar.

Las arcillas son abundantes en la parte media y superior de la serie. Intercalan lechos canalizados de areniscas con estratificación cruzada en surco y pequeños *lag* de cantos de naturaleza cuarcítica.

Las paleocorrientes medidas indican, generalmente, una dirección N-S y NE-SO (215° N).

En la serie realizada en el km 11,800 de la carretera Maján a Serón de Nágima, se ha medido

una potencia de 50 m, y se observan canales conglomeráticos, con bases erosivas y areniscas de grano grueso intercaladas, que presentan estratificación cruzada planar.

A medida que se asciende en la serie aumentan las arcillas que presentan lentejones de areniscas gruesas, con bases erosivas y depósitos de *lag* de cantos cuarcíticos y calcáreos. Estos lentejones, que carecen de continuidad lateral, presentan estratificación cruzada de surco.

Las paleocorrientes medidas a lo largo de la serie indican una dirección predominante N-S. La unidad se interpreta como facies medias de un abanico aluvial que procedería del Norte. La parte inferior está depositada a partir de canales *braided* de gran extensión lateral y escaso desarrollo de llanura de inundación. A medida que se asciende en la serie, los depósitos corresponderían a una llanura lutítica, atravesada por pequeños canales de régimen de baja a media sinuosidad.

Se relaciona esta unidad con la UTS T₉, por lo que la edad atribuida es Plioceno.

1.1.8. Arcillas marrones (8). Plioceno

Esta unidad aflora al S y SO de la Hoja (Monte Moedo, Sierra de Hontalbilla) y se dispone paraconforme sobre las unidades 5 y 6.

Este conjunto detrítico de 10 ó 30 m de espesor presenta intercalaciones de areniscas de grano medio-fino, consolidadas. Generalmente, se encuentran tapadas por los derrubios calcáreos de la unidad superior. Su aspecto es masivo, aunque se pueden observar nodulizaciones en el techo y huellas de raíces.

Estas facies alcanzan un mayor desarrollo hacia el S de la Hoja, alcanzando el máximo en la Hoja de Arcos de Jalón (435). Sin embargo, hacia el O (Hoja 406, Almazán) van cambiando lateralmente a facies carbonatadas.

Se pueden interpretar como facies medias-distales de un abanico aluvial, que tendría el máximo de distalidad hacia el SO y S. Al suponerla como cambio lateral de la unidad (7), se relaciona con la UTS T₉, por lo que la edad atribuida es Plioceno.

1.1.9. Margo-calizas y calizas blancas (9). Plioceno

Aflora en el centro Sur (Monte Moedo) y SO (Sierra de Hontalbilla) de la Hoja. Con la unidad inferior se encontraría concordante, constituyendo su techo.

Presenta esta unidad unos 50 m de espesor y se encuentra constituida por margo-calizas, en la base que pasan a calizas oquerosas. Las calizas suelen ser micritas y biomicritas con ostrácodos y gasterópodos. Se puede observar bioturbación y huellas de raíces.

Desde el punto de vista sedimentológico, se pueden considerar como depósitos en zonas encharcadas, posiblemente palustres y con episodios lacustres. Estos materiales constituyen superficies tabulares llamadas Páramos, que se encuentran basculadas hacia el N.

Esta unidad comprende los materiales que componen la secuencia de Páramo superior, por lo que forma parte de la UTS T₉, con edad Pliocena.

1.2. CUATERNARIO

El Cuaternario de esta Hoja no es muy importante, limitándose casi exclusivamente a depósitos fluviales de fondo de valle de los numerosos arroyos que la surcan. Sólo el río Morón presenta algunos niveles de terrazas, que junto con los coluviones, conos de deyección y algunos glaciares completan la serie de depósitos recientes de edad cuaternaria.

1.2.1. **Glaciares (10). Cuaternario s. l.**

Afloran en toda la Hoja. Están constituidos, fundamentalmente, por arenas y gravas con cantos de cuarzo y cuarzo. También existen pequeñas cantidades de arcilla.

Aunque alrededor del río Morón existe una morfología de glaciar, éstos no tienen depósito, por lo que no se han representado. No son muy abundantes en esta Hoja.

1.2.2. **Arcillas y cantos sueltos. Terrazas (11). Pleistoceno**

En el río Morón, afluente del Duero por el margen izquierdo, se distinguen cuatro niveles de terrazas, que a nivel cartográfico se han agrupado en uno.

Los cantos tienen una naturaleza cuarcítica, aunque también hay calcáreos en un 10-15 % del total. El tamaño medio se encuentra entre 2-6 cm, con un tamaño máximo de 30 cm, aproximadamente. Los cantos están bien redondeados y con tendencia al aplanamiento. Generalmente estos depósitos no parecen sobrepasar los 2 m de espesor.

En el extremo NO de la Hoja se distinguen algunos de los niveles inferiores de terrazas del río Duero.

1.2.3. **Gravas, arenas y arcillas. Aluvial (12). Cuaternario s. l.**

La litología de estos depósitos es variable, dependiendo del área fuente. En general, los cantos de la mayor parte de la mitad NO de la Hoja tienen naturaleza cuarcítica. Las correspondientes a la zona SE están caracterizadas por la presencia de calizas, procedentes de las facies carbonatadas del Mioceno.

1.2.4. **Arcillas, arenas con gravas. Coluvial (13). Cuaternario s. l.**

Su litología se relaciona directamente con la del sustrato, de manera que en la mitad O es

areno-arcillosa con cantos de cuarcita y en la zona SE, la proporción de arenas disminuye, y los cantos son de naturaleza calcárea, fundamentalmente.

Se tratan generalmente de formaciones poco consolidadas y de poco espesor.

1.2.5. **Limos, gravas y arcillas. Conos de deyección (14). Cuaternario s. I.**

Aparecen en la desembocadura de pequeños arroyos. Son generalmente de reducido tamaño, a excepción del que aparece muy próximo al NO de la localidad de Morón de Almazán.

La litología sigue las mismas pautas que los depósitos coluviales, es decir, depende de los materiales del sustrato. Su potencia no es muy acusada, con un máximo de 5-6 m en las zonas apicales.

2. **TECTÓNICA**

2.1. DESCRIPCIÓN MACROESTRUCTURAL

Toda la Hoja aquí estudiada se encuentra incluida dentro de la unidad estructural de la cuenca de Almazán, siendo los materiales aflorantes en ella casi exclusivamente de edad neógena. Desde el punto de vista de las deformaciones (aunque éstas sean, en cualquier caso, muy poco abundantes) cabe diferenciar dos conjuntos dentro de la serie estratigráfica: uno inferior correspondiente, probablemente, al Mioceno inferior-medio y otro superior correspondiente al Pontiense s. I.

El conjunto neógeno inferior es el que aflora más extensamente. En la mayor parte de las áreas aparece completamente horizontal, si bien hay que decir que el predominio de facies arcillosas y la carencia de buenos afloramientos impide frecuentemente observar la disposición de las capas. Sólo en la parte nororiental de la Hoja se detectan ciertas estructuras de plegamiento. Existe un suave sinclinal cuyo eje, de orientación aproximada 110, discurre por el alto del Cotillo, unos 2 km al SO de Serón de Nágima, y cuyos flancos no alcanzan buzamientos superiores a 100. Otros dos sinclinales NO-SE, también bastante laxos, flanquean el Paleógeno aflorante con estructura antiformal a lo largo del Arroyo de la Fuente del Negro, al E de Cañamaque. En esas mismas unidades, ya dentro de la vecina Hoja de Torrijo de la Cañada (408), se observan varios pliegues con esas mismas orientaciones y con un desarrollo kilométrico. Entre 1 y 2 km NE de Morón de Almazán, a lo largo de la carretera que conduce a Momblona, se atraviesan, asimismo, otros dos sinclinales laxos con dirección 100 a 110, pero de muy escasa longitud. En las capas inferiores, de las que constituyen la Muela del Moedo, en el límite meridional de la Hoja, también se reconoce una estructura sinclinal laxa orientada de la misma manera (en realidad, donde ésta se observa con mayor claridad es dentro de la Hoja de Arcos de Jalón, 435, situada al Sur, mientras que es casi imperceptible en el área incluida estrictamente dentro de la de Morón de Almazán). Aparte de esto, sólo en puntos muy localizados se observa algún pequeño buzamiento de la estratificación, manteniendo ésta siempre un punto próximo a ESE.

El conjunto Neógeno superior (Mioceno superior-Plioceno inferior) que corona los relieves de Carpín y Mingobad, en la parte Norte de la Hoja, y del Moedo, al Sur, se encuentra casi perfec-

tamente horizontal. Sólo muy localmente aparecen pequeños basculamientos de las capas, que hacen cambiar la orientación de éstas repentinamente en distancias muy cortas y no pueden ser relacionados con pliegues. Deben estar causados, probablemente, por el movimiento de fallas normales tardías con cierta componente rotacional. Una de éstas ha sido observada, con una dirección NNE y un desplazamiento métrico, en un punto situado sobre la pista de Escobosa a Maján, 1 km al NO de esta última localidad.

2.2. DATOS MICROESTRUCTURALES

Para profundizar en el conocimiento de las sucesivas etapas tectónicas acaecidas en el área y en las características del campo de esfuerzos, correspondiente a las mismas, es necesario contar con información de tipo microestructural. Sin embargo, la edad relativamente reciente de los materiales presentes en esta Hoja hace que los procesos tectónicos sufridos por éstos sean poco importantes. Este hecho, junto a la escasez de formaciones con litología favorable para el desarrollo de estructuras frágiles a pequeña escala (fundamentalmente calizas), hacen que se disponga de un registro microtectónico bastante limitado.

Por lo que respecta al Neógeno inferior, el rastreo sistemático de un nivel calcáreo competente, ubicado en la parte baja de la serie, a lo largo de toda su extensión aflorante en la parte suroriental de la Hoja, sólo ha permitido localizar y medir unas pocas fallas de escala métrica. Estas se han observado en dos afloramientos distantes entre sí unos 3 km, en las trincheras del ferrocarril Madrid-Zaragoza al O de Monteagudo de las Vicarías. El escaso número de las mismas en cada afloramiento y la ausencia de dislocaciones o discontinuidades entre ambos aconsejan agrupar todas ellas en la estación 1 (Arroyo de la Cañada) (Fig. 2). Han sido medidos un total de 13 planos, que se agrupan en lo que, con toda probabilidad, puede considerarse como dos familias conjugadas de fallas normales de dirección en torno a 160. En cuatro de ellas se han visto estrías de fricción, con cabeceos todos ellos próximos a 90°, y en tres se han apreciado desplazamientos de componente normal y magnitud decimétrica. A pesar del escaso número de estriaciones observadas, el hecho de que todo el sistema se ajuste bien al modelo de fallas conjugadas de Anderson permite inferir un estado de esfuerzos distensivo con un eje σ^1 vertical y un eje de extensión σ_3 horizontal en dirección 070.

Fuera de los límites de la Hoja, aunque en sus proximidades, hemos estudiado la estación 2 (Monteagudo de las Vicarías), la cual se ubica en el mismo tramo calcáreo del Mioceno basal que la estación 1. En ella, se han medido un total de 38 fallas, entre las que cabe distinguir una subpoblación dominante de fallas inversas de dirección SE a SSE y dos familias direccionales N a NNE. A partir de ellas, aplicando métodos de análisis estadístico que permiten la reconstrucción de los estados de paleoesfuerzo (método de ETCHECOPAR *et al.*, 1.981; diagrama y-R de SIMÓN GÓMEZ, 1.986), se han inferido dos tensores de esfuerzo comprensivos, distintos entre sí. Aunque existe una cierta mezcla de los dos tipos mencionados de fallas en las dos soluciones obtenidas, puede decirse que, en líneas generales, una mayoría de las inversas definen un tensor de compresión perfectamente triaxial, con σ^1 horizontal, según 066, σ^3 subvertical y $R = 0,44$; por otra parte, una mayoría de las direccionales definen un elipsoide con compresión uniaxial, con σ^1 horizontal, según 034 y σ^2 y σ^3 de valores muy próximos entre sí ($R = 0,01$). El orden en que

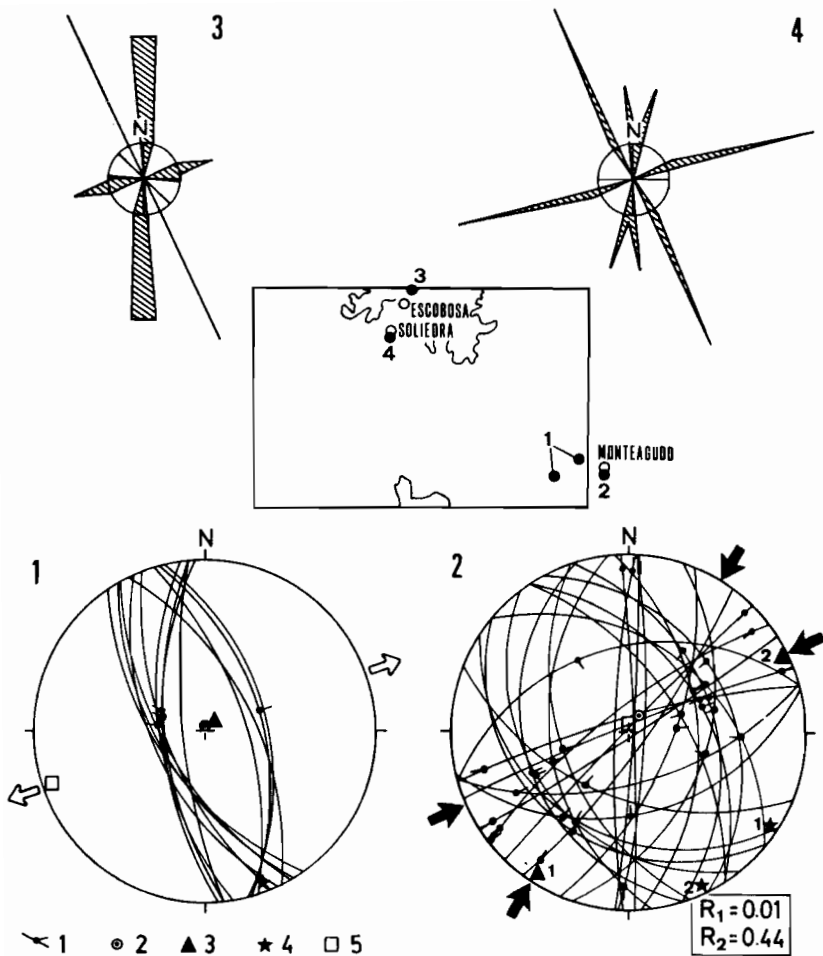


Fig.- 2 Datos microestructurales. Estaciones 1, 2, 3, y 4. Las rosas corresponden a medidas de direcciones de diaclasas. El circulo central corresponde a un 5% de fracturas para divisiones de 10° . Simbolos: 1: ciclográficas y estrías de falla; 2: polos de estratificación; 3: eje O_1 ; 4: eje O_2 ; 5: eje O_3 . Las flechas negras indican las direcciones de compresión. Las flechas blancas indican la dirección de extensión

actuaron ambos estados de esfuerzo puede deducirse de las superposiciones de estrías correspondientes a uno y otro, encontradas en dos planos de falla. Las dos coinciden en señalar que la compresión, según 066, actuó antes que la 034.

En los materiales neógenos superiores se ha detectado una fracturación sistemática según direcciones muy persistentes, aunque siempre sin estrías de fricción sobre los planos. Se trata de fracturas o diaclasas con un probable origen extensional, que han sido analizadas en dos puntos: estación 3 (Escobosa de Almazán) y estación 4 (Soliedra). Los correspondientes diagramas en rosa muestran sistemas formados por dos familias mutuamente perpendiculares, una en dirección SSE y otra ENE, además de otra familia N-S (Fig. 3). Estos resultados son muy similares a los encontrados por SIMÓN GÓMEZ (1.988) en el centro de la depresión del Ebro, en materiales y situación estructural también análogos.

2.3. INTERPRETACIÓN TECTÓNICA

El dominio casi absoluto de materiales neógenos que se da en la Hoja hace que sea prácticamente nulo el registro de las etapas compresivas alpinas en la misma. Los terrenos estudiados son esencialmente postorogénicos, si bien hay que recordar que existen algunos pequeños pliegues afectando al Mioceno, en su mayoría con dirección ESE. Ésta no es la tendencia dominante de los pliegues en el ámbito de la Cordillera y el borde con la cuenca de Almazán, donde su dirección se sitúa en torno a 140-150. Extrapolando los datos cronoestratigráficos y estructurales de la vecina Hoja de Torrijo de la Cañada (408) puede afirmarse que corresponden a una generación de pliegues distinta, que coexiste con la 150 y parece desarrollarse hasta tiempos algo más recientes que ésta (si bien ambas direcciones pueden desarrollarse simultáneamente durante algún lapso de tiempo). El cese de la actividad de los primeros habría que situarlo, probablemente, en el inicio del Mioceno, puesto que en el tránsito de las capas sin-a postectónicas que componen una espectacular discordancia progresiva visible a lo largo de todo el límite de la Cordillera Ibérica con la cuenca de Almazán (límite representado por un flanco de pliegue de tal dirección) se ha encontrado fauna del Ageniense (yacimiento de Cetina: DAAMS, 1.976). Sin embargo, como se observa en toda la región, y en particular en algunos puntos de esta hoja, los pliegues ESE afectan aún a una parte importante de la serie miocena.

La información microestructural que proporciona la estación estudiada en Monteagudo de las Vicarías (aunque ésta se encuentre ya fuera de los límites de la Hoja) son clarificadores al respecto. Las dos direcciones de compresión inferidas (066 y 034) son coherentes, respectivamente, con las dos direcciones de plegamiento, y la secuencia cronológica con que aparecen en el afloramiento es, asimismo, conforme con lo señalado al respecto para las dos generaciones de pliegues. La primera de estas direcciones compresivas se relaciona con la que es, sin duda, la principal fase de plegamiento en toda la Cordillera Ibérica, desarrollada regionalmente a lo largo de un dilatado período de tiempo que abarcaría desde mediados del Paleógeno hasta el Mioceno basa, pero con un máximo diastrófico probablemente situado en el Oligoceno superior (VIALARD y GRAMBAST, 1.970; AGUIRRE *et al.*, 1.976; ADROVER *et al.*, 1.983). También la segunda compresión, de edad ya miocena inferior, tiene su correlación en otras muchas áreas de la cordillera, casi siempre con una dirección próxima a N-S: entre 000 y 030 se sitúa en el borde N de Cameros

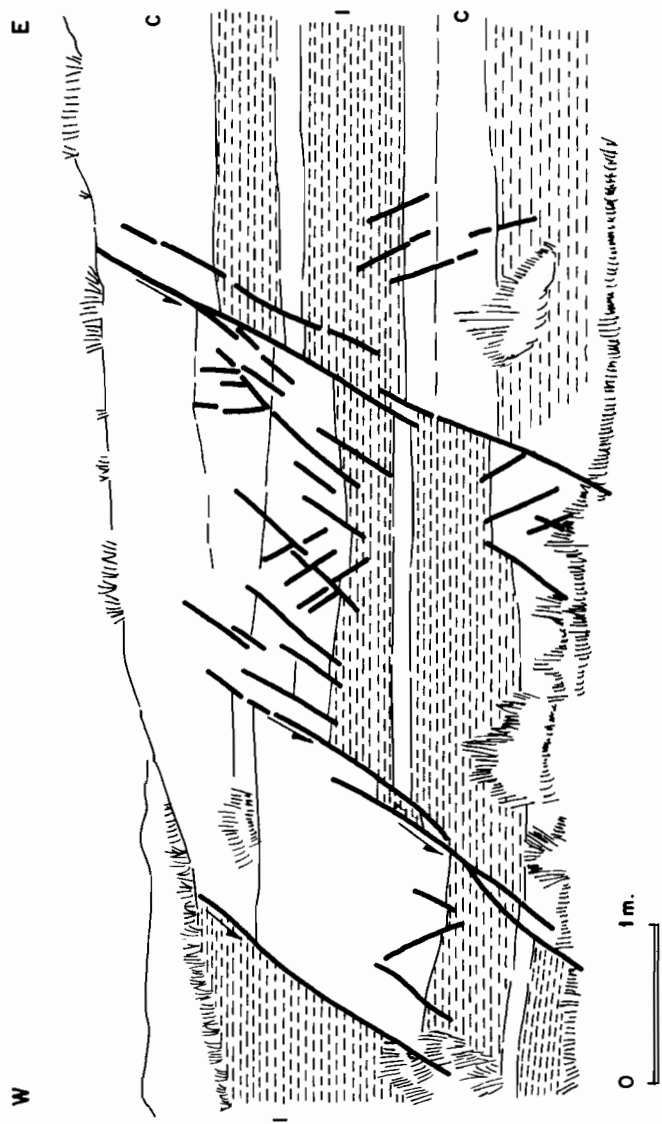


Fig.-3 Esquema geológico de las fallas normales en el afloramiento oriental de los dos que componen la estación 1. (fig.2) C: calizas; L: lutitas.

(CASAS, 1.987) y en el sector occidental de la depresión del Ebro (GRACIA y SIMÓN, 1.986); en la Rama Castellana se orienta N-S (CAPOTE *et al.*, 1.982), mientras en la parte centro-oriental de la cadena su dirección dominante es más bien SSE (SIMÓN, 1.984; CASAS, 1.985; SIMÓN y APARICIO, 1.988).

En algunos afloramientos de la región, fuera de la Hoja se han detectado también microestructuras que reflejan una compresión SE a SSE que, en algunos casos, aparece como temprana, mientras en otros es tardía respecto a aquellas que se sitúan en el cuadrante NE. Acabamos de señalar que en el sector centro-oriental de la cadena es ésta la dirección dominante de la compresión miocena. Dentro de la Rama Castellana, una compresión paleógena temprana de dirección próxima a 150 ha sido citada por ÁLVARO (1.975), CAPOTE *et al.* (1.982) y MANERA (1.982). Cabe la posibilidad de que dicha compresión llegue a coexistir y/o alternar repetidamente con la compresión principal NE (ALFARO, 1.987; DE VICENTE, 1.988).

Durante el Neógeno, y siendo su desarrollo en general posterior al de las etapas compresivas descritas anteriormente, domina en la región, al igual que en el conjunto de todo el NE peninsular, un régimen tectónico de tipo distensivo. Aunque no se tienen ejemplos a escala macroestructural de la fracturación producida bajo este régimen, sí existe, dentro de los límites estrictos de la Hoja, reflejo a escala de afloramiento. Por una parte, se encuentran las fallas normales de la estación 1, que señalan una distensión triaxial (σ_1 vertical) según ENE. Por otro tenemos los sistemas de fracturas extensionales hallados en las estaciones 3 y 4, formados por familias mutuamente perpendiculares de direcciones próximas a N-S y E-O, respectivamente. En el caso de estas últimas, si se tratase únicamente de datos aislados podría considerarse como excesivamente arriesgada una interpretación de los mismos en términos de un paleocampo de esfuerzos. Sin embargo, se da la circunstancia de que el patrón de fracturación observado aquí coincide con el que aparece en otros muchos puntos de las Cordillera Ibérica y de la depresión del Ebro. En las áreas no influidas por grandes fallas distensivas de escala cartográfica, como es el caso de la depresión del Ebro y también de la de Almazán, las dos familias dominantes de fracturas se orientan sistemáticamente según direcciones preferentes en torno a N-S (a veces, desdoblada en dos máximos NNO y NNE) y E-O. Este hecho mueve a considerarlas como producto de un campo distensivo que, al menos en estas áreas, presenta unas trayectorias de esfuerzo bastante precisas según esas mismas direcciones y que correspondería a un régimen de distensión de tipo «radial» o «multidireccional» (σ_2 σ_3 , ambos horizontales) (SIMÓN GÓMEZ, 1.988). Dentro de tal régimen, la aparición de fracturas extensivas según dos direcciones distintas y perpendiculares entre sí, se explicaría por el intercambio de los ejes σ_2 y σ_3 , debido a la similitud de sus valores y a la redistribución de esfuerzos causada por la aparición de la primera familia de discontinuidades (SIMÓN *et al.*, 1.988).

Considerando la edad de los materiales en los que se ubica cada una de las estaciones, y el conjunto de datos regionales parece que los estados de distensión triaxial como el registrado en la estación 1 son, en general, anteriores a la distensión radial de las estaciones 3 y 4 (Mioceno y Plioceno, s. l, respectivamente). A pesar de ello y de la diferente forma de elipsoide de esfuerzos, y salvando el problema de los posibles intercambios de σ_2 y σ_3 en la horizontal, los estados de esfuerzo distensivos obtenidos en todas las estaciones resultan coaxiales entre sí. En un contexto

regional, también son casi coaxiales con respecto a la mayoría de los estados de compresión del Mioceno inferior, con los que intercambian los respectivos ejes σ_1 y σ_2 , manteniendo un σ_3 similar. Ello sugiere un modelo de evolución general del campo de esfuerzos neógenos, según el cual podría pasarse de una compresión N-S a una distensión triaxial según E-O de forma progresiva por intercambio de σ_1 y σ_2 (fenómeno que parece ser habitual en todo el cuadrante NE de la Península: SIMÓN, 1.984, 1.986; GUJIMERA, 1.984; GRACIA Y SIMÓN, 1.986) y, posteriormente, a una distensión radial sin variar apenas la orientación de los tres ejes de esfuerzos.

3. GEOMORFOLOGÍA

La observación de la cartografía geomorfológica nos permite establecer como principal responsable del modelado de la zona a la acción fluvial.

En primer lugar hay que señalar la presencia de una gran barrera morfológica que, con dirección aproximada N-S, marcaría la divisoria entre las cuencas del Duero y del Ebro. Esta barrera supone un cambio importante en el drenaje y en las principales direcciones morfológicas.

El valle de mayor envergadura corresponde al río Morón, que cambia bruscamente de dirección de SO-NE a SE-NO para desembocar en el Duero, al Sur de la localidad de Almazán. Este cambio de dirección se produce muy cerca de la divisoria Duero-Ebro.

También se observa una gran asimetría, esto se puede comprobar por la sola existencia de niveles de terrazas en el margen derecho, de modo que se insinúa un desplazamiento de este curso de agua hacia el Sur. Esta característica también se observa en otros cursos fluviales de la región.

Las terrazas del río Morón dan una serie de pequeñas plataformas solapadas o encajadas en los niveles inferiores y colgadas en las superiores, apareciendo los materiales terciarios alrededor y entre sus depósitos. Existen 4 niveles con respecto al cauce en época de estiaje de: +1-4 m, +10-12 m, +15-18 m y +20-22 m, y sólo se originan en el tramo bajo del río, entre la localidad de Morón de Almazán y la desembocadura del río con el Duero. La llanura de inundación está bien desarrollada, alcanzando en algunos puntos 1 km de ancho.

En el NO de la Hoja se distinguen algunos de los niveles inferiores de terrazas del río Duero.

Los numerosos arroyos presentes tienen generalmente perfiles transversales en «U» o en artesa y sólo en las zonas de cabecera, con una mayor pendiente y acusada erosión, los valles se encajan y agudizan.

La acción fluvial es responsable de los numerosos conos de deyección que se forman en la desembocadura de los arroyos. El clima y los desniveles topográficos intervienen en su instalación y muchos de ellos siguen siendo activos. Generalmente tienen un tamaño pequeño y gran pendiente, destacando sólo el de las proximidades de Morón de Almazán.

La red de drenaje se dispone dendrítica sobre materiales blandos, siguiendo direcciones regionales. Las principales son NE-SO y NO-SE para la cuenca del Duero y ONO-ESE y E-O para la del Ebro, existiendo otras direcciones, pero de menor importancia.

La acción de la gravedad se pone de manifiesto en los depósitos coluviales que orlan los relieves de la Hoja. Su espesor es débil y prácticamente lo que hacen es tapizar el sustrato.

En las zonas de interfluvio se manifiesta el modelado estructural, dando lugar a formas como replanos estructurales, superficies estructurales, escarpes y cerros residuales de pequeño y mediano tamaño, debido a la presencia de capas duras.

Algunos elementos de la morfogénesis fluvial como trazos rectilíneos de valles, cambios bruscos en la dirección y asimetría, podrían indicar una influencia tectónica profunda en su disposición,



LEYENDA

TOPOGRAFIA E HIDROGRAFIA

- 1081 Cota
- Curso de agua permanente
- - - Curso de agua intermitente
- x-x- Divisoria de agua Duero-Ebro

FORMAS ANTROPICAS

- Nucleo urbano
- Carretera

MORFODINAMICA

- >>>> Incision vertical en los cauces
- Formacion de barras

MORFOGENESIS

FORMAS FLUVIALES

- ▨ Fondos de valle
- ▨ Llanura de inundacion
- ▨ Terrazas
- ▨ Escape de terraza
- ▨ Conos de deyeccion

- ∨ Valles en forma de "V"
- ∪ Valles en forma de "U"
- ∩ Valles en artesa
- ∪∪ Valles asimétricos
- ∩∩ Cárcavas
- ∩ Cabecera de acaravamiento

MORFOMETRIA

- Pendiente 0-8%
- Pendiente 8-15%
- Pendiente >15%

FORMAS ESTRUCTURALES

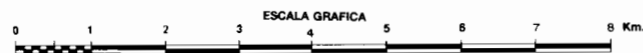
- ▨ Replanos y superficies estructurales
- ⊗ Cerros residuales
- ▲▲ Escape estructural
- + Capas horizontales

FORMAS DE GRAVEDAD

- ▨ Coluviones

FORMAS POLIGENICAS

- ▨ Glacis
- ▨ Crestas o pequeñas divisorias agudas
- ▨ Superficie del paramo



en una zona donde los sedimentos se disponen horizontalmente y no hay dislocaciones visibles.

Dentro de las formas poligénicas, los glaciares y la superficie del Páramo son las que ofrecen un mayor interés. Los glaciares tienen pequeñas dimensiones y se sitúan en algunas vertientes, suavizando su topografía y haciendo de enlace entre las partes superiores de la misma y los fondos de valle. Las superficies del Páramo, en el S y SO de la Hoja (Monte Moedo y Sierra de Hontalbilla), alcanzan cotas cercanas a los 1.150 m y constituyen zonas llanas, limitadas por fuertes escarpes con acusadas pendientes. Corresponden al Páramo superior, de edad Plioceno, y sobre él se desarrollan procesos eólicos y kársticos imposibles de observar aquí por lo limitado de su extensión, pero visibles en la Hoja de Almazán (406). De forma regional esta superficie desciende hacia el SO, alcanzando cotas de 1.110 a 1.120 m.

La acción de la gravedad puede provocar desprendimientos y caídas de bloques, en los bordes de los escarpes acusados (proximidades de las superficies del Páramo).

4. HISTORIA GEOLÓGICA

En este capítulo se pretenden explicar de manera sintética los procesos geológicos que tuvieron lugar durante el Terciario y Cuaternario, únicos sistemas que aparecen en esta Hoja. Sin embargo, para entender el ciclo histórico es necesario incluirlo en un contexto regional, ya sea tectónico, sedimentológico o paleogeográfico, que comienza a partir de la finalización del Cretácico superior.

A finales de este período tuvo lugar la inversión tectónica del área celtibérica (que constituye el borde de la cuenca), pasando de ser un surco sedimentario complejo con subsidencia en régimen extensional, a configurarse como un área emergida sometida a compresión. Estas deformaciones, producto de numerosas fases, configuran la sedimentación entre el Paleógeno y el Mioceno inferior, en cubetas individualizadas que se rellenan por depósitos clásticos de origen continental.

Los materiales del Paleógeno inferior no afloran en esta zona, ya que generalmente se disponen adosados a los bordes de la cuenca.

Durante el Paleógeno superior (aflorante sólo en el extremo nororiental de la Hoja), se mantiene la tendencia compresiva que alcanza un máximo diastrófico posiblemente situado en el Oligoceno superior (VIALARD y GRAMBAST, 1.970; AGUIRRE *et al.*, 1.976; ADROVER *et al.*, 1.983). Sus sedimentos se depositan a partir de un sistema aluvial, siendo su área fuente la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica.

Las condiciones compresivas se mantienen hasta el Mioceno medio con la fase Neocastellana (AGUIRRE *et al.*, 1.976), que al producirse simultáneamente a la sedimentación origina abanicos de capas. En esta Hoja sólo afloran los términos finales del abanico, es decir, los niveles horizontales.

A partir de este momento y hasta el Plioceno domina en la región, al igual que en todo el NE peninsular, un régimen tectónico de tipo distensivo. Bajo estas condiciones la cuenca continúa rellenándose con depósitos de igual tipo.

Durante el Mioceno superior-Plioceno al jugar la actividad tectónica un papel secundario, los nuevos depósitos de abanicos podrían estar ligados a cambios climáticos que ocasionan movimientos eustáticos.

En el Plioceno, el registro más distal de estos sistemas constituyen los «Páramos» (que están representados al S y SO de la Hoja). Normalmente se encuentran basculados hacia el N, probablemente debido al movimiento de fallas normales tardías.

Ya en el Cuaternario, cuando existe una cierta estabilidad tectónica y climática, se producen depósitos de variada naturaleza, procedentes de la erosión sufrida en los relieves existentes.

Por último, la red fluvial cuaternaria se jerarquiza sobre los depósitos pliocuaternarios, originando en su encajamiento las terrazas de los ríos Duero y Morón.

5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

5.1. MINERÍA Y CANTERAS

En esta Hoja de Morón de Almazán (407) no se han reconocido labores ni indicios de minerales metálicos o no metálicos durante los itinerarios de campo que se han efectuado para su estudio. La ausencia de tradición minera, y el resultado negativo de los rastreos bibliográficos de la documentación geológica y minera consultada, hacen desechar el interés potencial por este tipo de yacimientos.

El potencial minero se reduce a evaluar el interés de las rocas aflorantes como materiales susceptibles de uso con fines industriales.

Las explotaciones que se encuentran responden a la demanda inmediata de los pequeños núcleos de población existentes, lo que implica su carácter artesanal, pequeño tamaño, dispersión y funcionamiento durante períodos de tiempo muy limitados o más excepcionalmente a la demanda impuesta por obras civiles (trazado ferrocarril), que en cualquier caso hace que la utilización de estos materiales haya sido muy restringida.

De las explotaciones que se encuentran solamente cabe mencionar una localizada en el Alto de las Atayuelas que ha servido para obtener pequeñas cantidades de calizas pliocenas de la unidad Calizas del Páramo alto, y otras en las inmediaciones de la Majarrosa, que se utilizaron para obtener materiales carbonatados del Mioceno inferior medio (Unidad de margas y margo-calizas blancas (4), durante la construcción del ferrocarril.

Las rocas existentes en la zona se agrupan en los siguientes tipos:

- Granulares.
- Carbonatadas.
- Arcillas.

MATERIALES GRANULARES

Se consideran dentro de este grupo las arenas, areniscas y conglomerados que se localizan en las unidades 1, 2, 3, 5 y 7 del Paleógeno-Plioceno y las unidades del Cuaternario.

Destacan por la calidad de los materiales y el desarrollo de los mismos las terrazas del río Duero, de las que se encuentran algunos indicios en el extremo Noroeste de la Hoja, en el término de los Guijarrales, y las terrazas del río Morón (11).

Están constituidas, en su mayor parte, por cantos cuarcíticos, bien redondeados y dispuestas en retazos de espesor inferior a los 2 metros.

MATERIALES CARBONATADOS

Se incluyen en este grupo la unidad del Mioceno inferior-medio de Margas y margocalizas blancas (4); Calizas, margo-calizas, margas y arcillas (6) del Mioceno medio-Plioceno y las Margo-calizas y calizas blancas (9) del Plioceno.

Estos conjuntos se disponen horizontalmente y son susceptibles de explotación, principalmente las calizas pliocenas del Páramo superior (9) que se localiza en el entorno del Monte de Moedo, en el límite meridional de la Hoja, a pesar de la dificultad que imponen los malos accesos a estos materiales.

MATERIALES ARCILLOSOS

Inicialmente estos depósitos despertaron grandes expectativas, ya que se presentan en acumulaciones significativas y se han generado en facies distales (zona suroccidental).

Se tomaron seis muestras para sus análisis por difracción en rayos X y como resultado de estos análisis cabe destacar la muestra tomada en el p. k. 60 de la CC 116 a Morón de Almazán, en la que se identifican los siguientes componentes:

Calcita = 25 %.

Cuarzo = 15 %.

Filosilicatos = 60 % (mica, caolinita y montmorillonitas).

La presencia de componentes del agregado orientado de los minerales de la arcilla se reparte en:

Micas, 55 %.

Montmorillonita, 25 %.

Caolinita, 20 %.

Las cinco muestras restantes ofrecen valores inferiores para los minerales de la arcilla, oscilando los valores de la calcita entre 25 y 40 %; de cuarzo entre el 15 y 20 %; y entre el 25 y 30 % el de micas.

5.2. HIDROGEOLOGÍA

Una gran zona de la parte oriental de la Hoja pertenece a la cuenca hidrográfica del río Ebro, el resto está incluido en la cuenca del río Duero (Figs. 4 y 5).

La parte que pertenece a la cuenca del Ebro no ha sido incluida en estudios o trabajos hidrogeológicos anteriores, y en los archivos del ITGE no existen datos de sondeos. Sin embargo, dado el tipo de las formaciones litológicas existentes, sus características hidrogeológicas serán muy similares a las que se encuentran en el resto de la Hoja.

En esta zona del Ebro aparecen como cauces superficiales el río Nagima, en el ángulo nororiental de la Hoja, y, más al Sur, el arroyo de la Cañada. En este último se encuentra ubicado el embalse de Monteaguado, a caballo entre las Hojas de Morón y de Torrijo. Este pequeño embalse se utiliza para regadío, siendo su volumen de embalse de 1 Hm³ solamente; aunque está situado en el arroyo de la Cañada, la mayor parte del agua la recibe del río Nagima, que tampoco tiene grandes caudales, ya que, exceptuando la primavera y alguna avenida, normalmente lleva valores muy por debajo de 1 m³/seg.

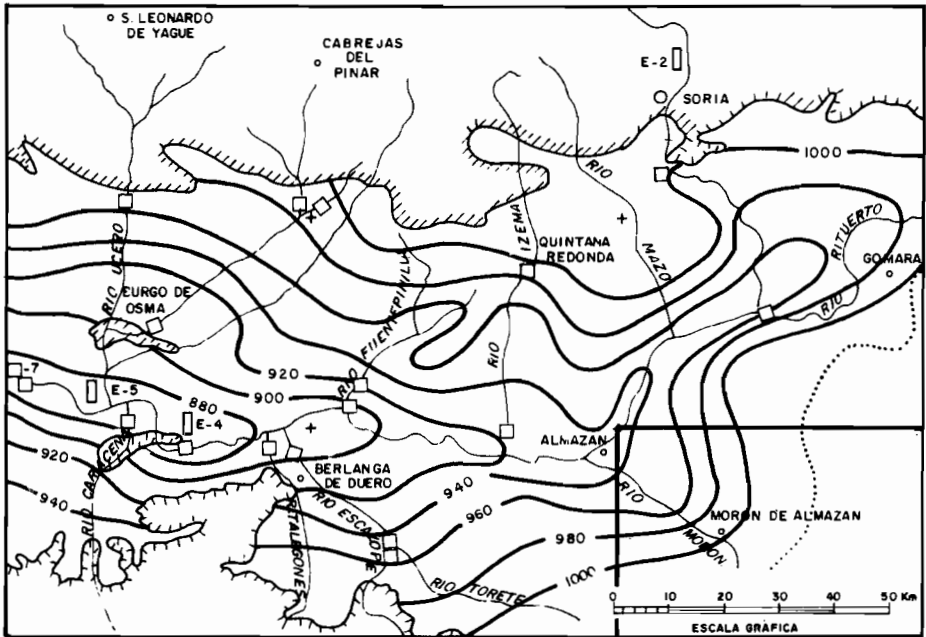
El resto de la Hoja pertenece a la cuenca del Duero, y en ella discurre el río Duero por su ángulo noroccidental. Otros cauces superficiales son el río Morón y el canal de Almazán. Este último, deriva del río Duero en la Hoja de Gómara y abastece a regadíos situados en esta Hoja y en las de Gómara y Almazán.

Desde el punto de vista hidrogeológico, la zona perteneciente a la cuenca del Duero forma parte de una unidad hidrogeológica, más extensa, que de acuerdo con la nomenclatura del ITGE, se denomina Sistema acuífero núm. 88 «Terciario de la cubeta de Almazán». Las características más importantes de este sistema se resumen a continuación.

El acuífero lo constituyen las formaciones permeables de arenas, areniscas y conglomerados englobados en una matriz arcillosa y arcillo arenosa de naturaleza semipermeable. El conjunto de materiales terciarios que rellenan la cubeta, a pesar de su heterogeneidad, se considera a nivel regional como un acuífero único, semiconfinado y anisótropo.

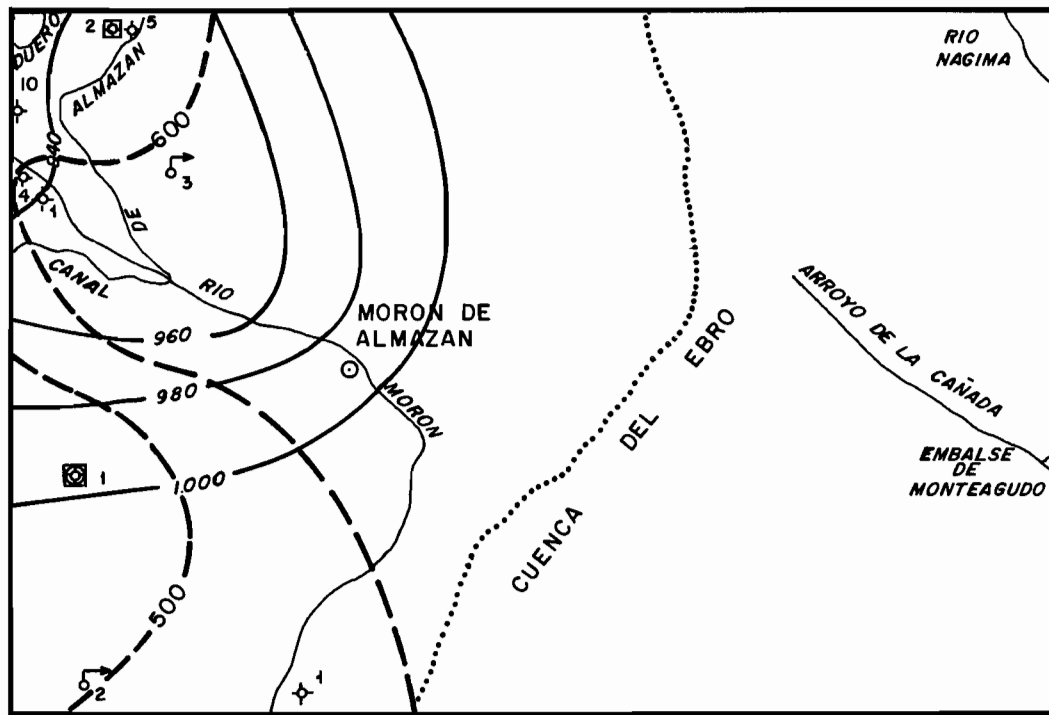
El sistema acuífero no se encuentra aislado, teniendo relaciones hidráulicas con los materiales permeables mesozoicos que bordean la cubeta por el N, S y E (Sistemas acuíferos núms. 10 y 13) y con los materiales detríticos del borde occidental (Sistema núm. 8). También, en algunas zonas está influido por los materiales mesozoicos del zócalo, que en ocasiones afloran en superficie en la parte más occidental del sistema. En la Hoja de Morón de Almazán el espesor de los materiales terciarios es superior a los 500 metros, de acuerdo con datos geofísicos.

Las características del acuífero dependen, lógicamente, de la proporción de materiales permeables encontrados, pero también tiene una importancia fundamental la constitución más o menos arcillosa de la matriz que los engloba. De acuerdo con los datos del inventario de puntos de agua existente, se aprecian grandes diferencias en las características hidráulicas según zonas. En líneas generales, sondeos que explotan las formaciones paleógenas, situadas al Norte del río Duero, tienen mejores características en cuanto a caudal, transmisividad, caudal específico, etc., que los que explotan los materiales miocenos.



- | | | | |
|--|---|--|--|
| | Limite de Cuenca Terciaria de Almazán | | Punto de aforo (Red foronómica I.T.G.E.) |
| | Línea isopieza en acuífero terciaria (Cota en m.s.n.m.) | | Punto de aforo (Red foronómico MOPU) |
| | División Hidrográfico | | Limite de Hojas 1 : 50.000 |
| | Río | | |

Fig.-4 Esquema Hidrogeológico General



ESCALA 1 : 200.000

- | | | | |
|---------|---|---------|---|
| — 940 — | Líneo isopieza coto en m.s.n.m. | | Punto de la red de vigilancia de calidad y de la red de piezometría |
| | Sondeos inventariados | | Divisaria hidrográfica |
| | Manantial | — 500 — | Isolínea de conductividad 5/cm. |
| | Punto de la red de control piezométrico | | |

Fig.- 5 Esquema Hidrogeológico

En la Hoja, donde abundan los materiales miocenos fundamentalmente arcillosos, las características de los sondeos son bastante modestas. Los sondeos inventariados tienen profundidades que oscilan entre los 55 y los 100 metros y dan unos caudales de 0,22 a 3,3 l/s; en algún caso los sondeos son negativos. Dada la profundidad del zócalo mesozoico resultaría muy problemática la explotación del mismo.

A partir de los niveles de agua en los sondeos, se han trazado las curvas isopiezas del acuífero terciario. A pesar de que los sondeos considerados no tienen la misma profundidad, las isopiezas así obtenidas reflejan de forma aproximada la distribución de niveles de agua en los primeros 100 m del acuífero. En la Hoja, se encuentran dos puntos de control de la red piezométrica establecida por el ITGE en el año 1.983, en los que se miden los niveles del agua semestralmente. A lo largo del tiempo no se han apreciado variaciones importantes en los niveles, por lo que las isopiezas elaboradas pueden tomarse como válidas en la actualidad, indicando además un esquema de funcionamiento del acuífero.

El río Duero constituye la principal vía de drenaje de las aguas subterráneas del sistema acuífero. En la Hoja, las isolinéas indican la dirección del flujo subterráneo hacia el ángulo noroccidental por donde discurre el río Duero. La forma de las isopiezas indica, además, la existencia de aporte de aguas subterráneas desde los bordes mesozoicos de la cubeta y en la Hoja se aprecia la posibilidad de un cierto flujo subterráneo desde la cuenca del río Jalón hacia el Duero. El río Morón prácticamente discurre seco la mayor parte del año; únicamente fluye de forma continua en sus últimos tramos debido a la influencia de los regadíos del canal de Almazán.

La explotación de las aguas subterráneas en todo el sistema acuífero es muy escasa, ya que los bombeos totales se cifran en 1 Hm³/año para toda su cubeta. En la Hoja de Morón de Almazán los pocos sondeos existentes se utilizan para el abastecimiento de pequeños núcleos de población, o explotaciones ganaderas, siendo la utilización para riego prácticamente nula.

En resumen, se puede decir que el acuífero terciario detrítico en la Hoja es de baja calidad en cuanto a sus propiedades hidrogeológicas, hecho que es más acusado en las zonas situadas más al Sur, y que su explotación no tiene apenas importancia.

El aluvial del río Duero, que constituye un acuífero libre conectado con el río, apenas se explota, ya que está dominado por los riegos del canal de Almazán. Únicamente en ocasiones de estiaje o de falta de agua en el canal se utilizan pozos de pequeña profundidad (8-10 m) para el riego de pequeñas parcelas.

Respecto a la calidad del agua subterránea en el acuífero terciario, los análisis existentes y los controles semestrales en los puntos de la red de control de calidad del ITGE, indican que las aguas pueden utilizarse sin problemas tanto para el abastecimiento como para regadío. Las conductividades medias únicamente superan los 600 micro siemens centímetro (en la parte oriental de la Hoja), lo que indica el bajo contenido en sales de las aguas subterráneas. En el aluvial del río Duero, la calidad del agua es prácticamente igual a la del río, también con muy bajas concentraciones salinas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ADROVER, R.; FEIST, M.; GINSBURG, L.; GUERIN, C.; HUGUENEY, M. y MOISSENET, E. (1.983): «Les formations continentales paleogènes de la Sierra Palomera (province de Teruel, Espagne) et leur place dans la biostratigraphie tertiaire des Chaînes Ibériques orientales». *Bull. Soc. Geol. France* (7), 25(3), págs. 421-431.
- AGUIRRE, E.; DÍAZ MOLINA, M. y PÉREZ-GONZÁLEZ, A. (1.976): «Datos paleomastológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta Sur española». *Trab. Neóg. Cuaternario*, 5, págs. 7-29.
- ALFARO, J. A. (1.987): «Sobre la tectónica frágil y neotectónica del NE de la Sierra de Albarracín». *Tesis Llc. Univ. Zaragoza*, 120 págs.
- ALVARO, M. (1.975): «Estilolitos tectónicos y fases de plegamiento en el área de Sigüenza (borde del Sistema Central y la Cordillera Ibérica)», *Estudios Geol.*, 31(3-4), págs. 241-247.
- ARENAS ABAD, C. et. al. (1.987): «Memoria explicativa del sector de Alhama de Aragón (provincia de Zaragoza)». *Excma. Diputación Provincial de Zaragoza*, págs. 1-135 (en prensa).
- CAPOTE, R.; DÍAZ, M.; GABALDÓN, V.; GÓMEZ, J. J.; SÁNCHEZ DE LA TORRE, L.; RUIZ, P.; ROSELL, J.; SOPEÑA, A. y YÉBENES, A. (1.982): «Evolución sedimentológica y tectónica del Ciclo Alpino en el tercio noroccidental de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica». *Temas Geológico-Mineros*, IGME. Madridd, 290 págs.
- CASAS SAINZ, A. (1.985): «Análisis de la deformación frágil en el área de Alcaine (Teruel)». *Tesis de Licenciatura, Univ. Zaragoza*, 162 págs.
- CASAS SAINZ, A. (1.987): «El estado de esfuerzos durante el Terciario en la depresión de Arnedo (La Rioja)». *Acta Geol. Hisp.*, (en prensa).
- DAAMS, R. (1.976): «Miocene Rodents (Mammalia) from Cetina de Aragón (prov. de Zaragoza) and Buñol (prov. Valencia), Spain». *Kon. Ned. Akad. Wet. Proc. Series B*, 79(3), págs. 152-182.
- DE VICENTE, G. (1.988): «Análisis poblacional de fallas. El sector de enlace Sistema Central-Cordillera Ibérica». *Tesis Doctoral Univ. Complutense de Madrid*, 317 págs. (inédito).
- ETHECOPAR, A.; VASSEUR, G. & DAIGNIERES, M. (1.981): «An inverse problem in microtectonics for the determination of stress tensors from fault population analysis». *J. Struct. Geol.*, 3(1), págs. 51-65.
- GRACIA PRIETO, F. J. y SIMÓN GÓMEZ, J. L. (1.986): «El campo de fallas miocenas de la Bardena Negra (provs. de Navarra y Zaragoza)». *Bol. Geol. Min.*, 97(6), págs. 693-703.
- GUIMERA, J. (1.984): «Palaeogene evolution of deformation in the northeastern Iberian Peninsula». *Geol. Mag.*, 212(5), págs. 413-420.
- IGME (1.971): «Mapa de síntesis a escala 1:200.000». Hoja núm. 31. Soria.

- LÓPEZ MARTÍNEZ, N.; SESE BENITO, C. y SANZ GARCÍA, J. L. (1.977): «La microfauna (Rodentia, insectívora, logomorpha y reptilia) de las fisuras del Mioceno medio de Escobosa de Calatañazor (Soria, España)». *Trabajos N/Q*, 8:47-73.
- MANERA BASSA, A. (1.982): «Determinación de cuatro fases de deformación en el extremo suroccidental de la Sierra de Altomira». *Estudios Geol.*, 37, págs. 233-243.
- MELÉNDEZ, A.; PARDO, G.; PENDÓN, J. G. y VILLENA, J. (1.982): «Una etapa de comunicación entre las cuencas de Calatayud y Almazán durante el Mioceno superior». *Temas Geológicos y Mineros*, 6:415-429. IGME.
- SÁNCHEZ DE LA TORRE, L. (1.963): «El borde Mioceno en Arcos de Jalón». *Est. Geol.* XIX, págs. 109-136.
- SÁNCHEZ DE LA TORRE, L. (1.974): «Cuenca de Almazán». *Col. Intern. Bioestratigrafía Cont. Neogen. Sup. Cuat. Inf. Libro-Guía*, págs. 29-30, C.S.I.C.
- SIMÓN GÓMEZ, J. L. (1.984): «Compresión y distensión alpinas en la Cadena Ibérica oriental». *Tesis Doctoral Univ. Zaragoza. Publ. Instituto de Estudios Turolenses*, Teruel, 269 págs.
- SIMÓN GÓMEZ, J. L. (1.986): «Analysis of a gradual change in stress regime (example from the eastern Iberian Chain, Spain)». *Tectonophysics*, 124, págs. 37-53.
- SIMÓN GÓMEZ, J. L. y APARICIO CARDONA, J. (1.988): «Sobre la compresión neógena en la Cordillera Ibérica». *Estudios Geol.*, (en prensa).
- SIMÓN GÓMEZ, J. L. (1.988): «Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin (Spain)». *J. Struct. Geol.*, (en prensa).
- SIMÓN, J. L.; SERÓN, F. J. y CASAS, A. M. (1.988): «Stress deflection and fracture development in a multidirectional extension regimen, mathematical and experimental approach with field examples». *Annales Tectonicae*, 2(1).
- VIALLARD, P. y GRAMBAST, L. (1.970): «Sur l'âge post-Stampien moyen du plissement majeur de la Chaîne Ibérique Castellane». *C. R. Acad. Sc. Paris*, 291 (D), págs. 873-876.



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España