

**EL DRENAJE SUBTERRANEO DEL MACIZO DEL MONCAYO:  
ASPECTOS HIDROLOGICOS E HIDROQUIMICOS**

J. SAN ROMAN SALDAÑA \*  
J. A. SANCHEZ NAVARRO \*  
F. J. MARTINEZ GIL \*



## **EL DRENAJE SUBTERRANEO DEL MACIZO DEL MONCAYO: ASPECTOS HIDROLOGICOS E HIDROQUIMICOS**

J. SAN ROMAN SALDAÑA \*  
J. A. SANCHEZ NAVARRO \*  
F. J. MARTINEZ GIL \*

### **INTRODUCCION**

El Macizo del Moncayo es una importante elevación montañosa situada entre las provincias de Zaragoza y Soria, que representa el punto culminante de la Cordillera Ibérica (2.316 metros). La casi totalidad de los recursos hídricos generados en él, van a parar a la cuenca del Ebro. Esto es debido a que el río Araviana (Cuenca del Duero), que recoge las escorrentías superficiales de la parte meridional del Macizo, las pierde subterráneamente para surgir en el manantial de Vozmediano, alimentando la cabecera del río Queiles (cuenca del Ebro).

El espectacular fenómeno kárstico a que da origen esta surgencia (es uno de los manantiales más caudalosos de Europa) ha sido objeto de una Tesis doctoral, parcialmente publicada: SANZ PEREZ, E. (1987).

También es bien conocido el drenaje del Macizo por su parte S. E., gracias al estudio realizado por la Cátedra de Hidrogeología de la Universidad de Zaragoza, (LACAL, R., et al., 1985). Básicamente las aguas del Macizo se infiltran en la Unidad acuífera del Alto Isuela, constituida por materiales carbonatados, para emerger luego en los manantiales de Purujosa y Calcena.

\* Cátedra de Hidrología. Depto. de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza

El presente trabajo se refiere principalmente a la vertiente septentrional, en la que la importancia de los recursos hídricos generados y la complejidad de los procesos hidrogeológicos que en ella tienen lugar, requiere de mayor esfuerzo de estudio.

El primer intento de describir de forma comprensible para los ciudadanos de la Comarca (usuarios del agua) la complejidad hidrogeológica de esta vertiente del Moncayo, corresponde a MATINEZ GIL, F. J., y SANCHEZ NAVARRO, J. A. (1984) que en la revista cultural de la comarca: TVRIASO, publicaron el artículo «Los recursos de agua de la cuenca del río Huecha: optimización de su uso para el desarrollo del regadío».

En los antecedentes de ese artículo se hace detallada mención de dos estudios básicos realizados por el M.O.P.U. en la zona:

— M.O.P.U. (1970): «Estudio hidrogeológico preliminar de la cuenca del Huecha».

— M.O.P.U. (1974): «Estudio hidrogeológico de la cuenca del río Huecha (Zaragoza)».

Ambos estudios, modélicos en su época, plantean acertadamente los problemas de la cuenca y hacen una serie de recomendaciones, tanto de estudio como de acciones a realizar, que actualmente siguen siendo en su mayor parte válidas.

Con posterioridad dentro del P.I.A.S. (Plan de Investigación de Aguas Subterráneas) se realizó el «Estudio Hidrogeológico de la Cuenca del Ebro» (1981) que, para esta zona del Moncayo constituyó una transcripción literal de los datos aportados para los estudios anteriores.

El Servicio Geológico de la Diputación de Zaragoza ha realizado numerosos sondeos de explotación que en la zona han permitido solucionar los problemas de abastecimiento de agua a diversas poblaciones y posibilitando importantes mejoras en regadíos tradicionales en precario.

También la Diputación General de Aragón (D.G.A), dentro del Convenio Marco de Asistencia Técnica establecido con el Instituto Geológico y Minero de España, y éste a través de su empresa consultora en Aragón (EPTISA), ha realizado varios estudios de recopilación y toma de datos (aforos, hidroquímica, geofísica...).

Fruto de estos últimos estudios es la publicación: CRUZ, J., y GARRIDO, M. (1987) presentada a la 7 Conferencia sobre Hidrología General y Aplicada del SMAGUA, que lleva por título: «Las aportaciones de agua para el regadío actual de la cuenca alta y media del Huecha (Zaragoza)»; en ella, se presenta un planteamiento de estudio integral de la cuenca que en la práctica se limita a una evaluación general de recursos hídricos y distribución en la cuenca, análogo a los anteriormente realizados por el M.O.P.U.

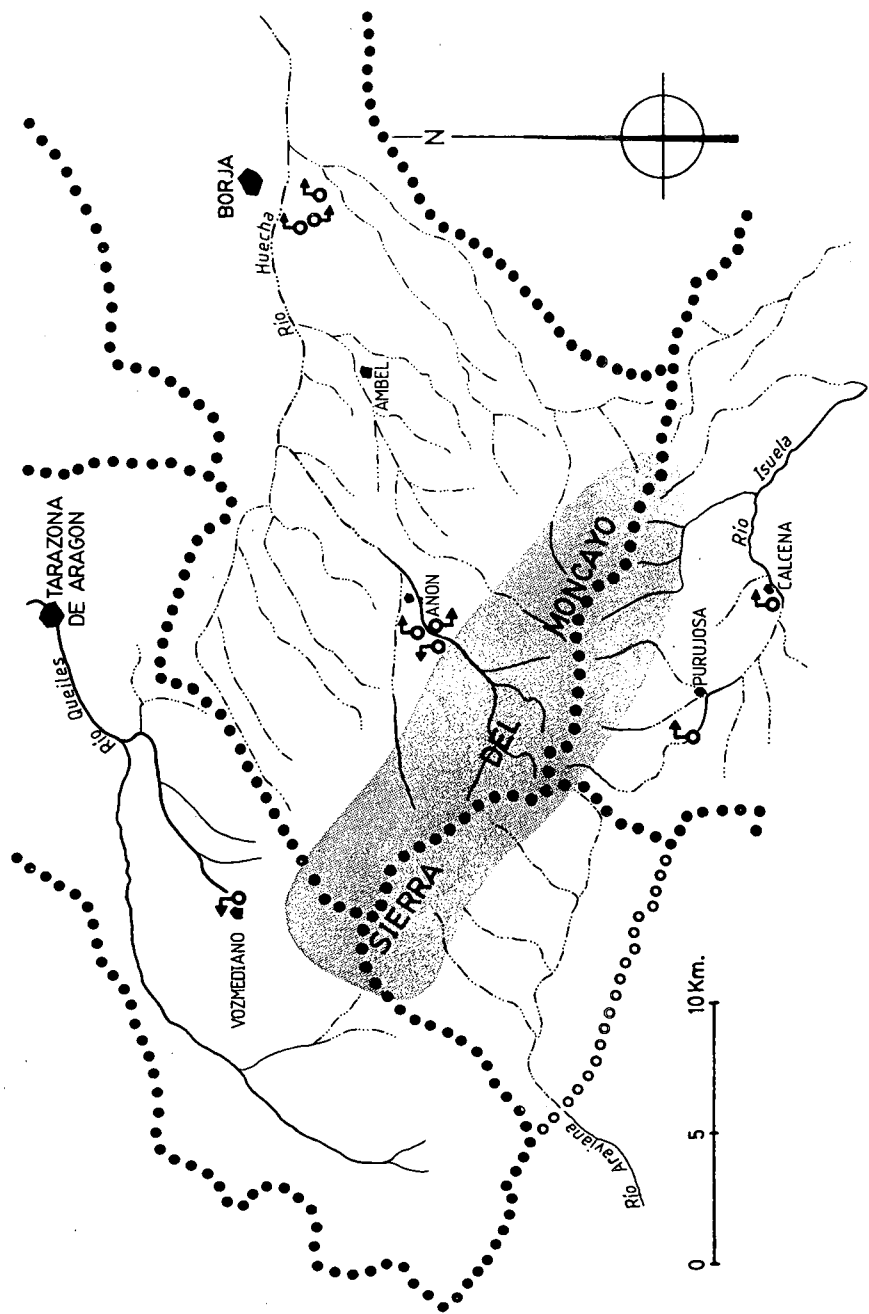


Figura 1: Situación del Macizo del Moncayo en relación con las cuencas que lo drenan.

En dicha publicación se señala como acuífero, el tramo superior dolomítico de las facies Muschelkalk<sup>1</sup>.

El trabajo que aquí se presenta constituye una parte del «Estudio Previo de Actualización Hidrogeológica» de esta cuenca, que dentro de la Cátedra de Hidrogeología ha realizado y presentado D. Javier SAN ROMAN al juicio y valoración del XXII Curso Internacional de Hidrología Subterránea de Barcelona. La parte que se acompaña corresponde a los aspectos hidrológicos del Macizo y al reconocimiento de la geometría de los acuíferos, a través de la recopilación e interpretación de columnas de sondeos y su implementación en la geología de superficie.

Con la delimitación de los acuíferos y el esquema de su funcionamiento hidrogeológico se pretenden, aclarar, las confusiones hidrogeológicas que últimamente se han producido y que han llevado a la realización de sondeos con resultados no esperados.

## **EL MACIZO DEL MONCAYO COMO GENERADOR DE RECURSOS HIDRICOS**

Por su situación y altitud el Moncayo constituye un importante centro generador de recursos hídricos. La existencia en sus laderas de tres centrales hidroeléctricas pone claramente de manifiesto éste hecho.

El origen de estos recursos es la elevada pluviometría que recibe la zona, estimándose en más de 1.000 m. la precipitación media anual para las áreas situadas por encima de los 1.600 metros de altitud. Si bien como señala SANZ, E. (1987) éste valor varía mucho según la altitud y orientación de la ladera.

Una parte importante de esas precipitaciones tiene lugar en forma de nieve conservándose en las zonas altas durante todo el invierno y gran parte de la primavera, lo que representa una regulación natural de los recursos hídricos de gran importancia.

Litológicamente el Macizo del Moncayo está constituido por materiales areniscosos de edad ampliamente discutida (PELLICER, F. 1984); unos autores los atribuyen a las facies Buntsandstein, otros al Permotrias o, incluso al Carbonífero. Hidrogeológicamente se comportan como un conjunto poco permeable; sólo a nivel local existen bancos conglomeráticos que presentan cierta permeabilidad por fisuración lo que da lugar a pequeños manantiales.

El carácter poco permeable del Macizo, junto con su elevada pendiente, hace que la escorrentía superficial adquiera una gran relevancia, si bien hay que considerar dos zonas de comportamiento diferente:

— *Las áreas desprovistas de suelo y vegetación:* corresponden a la cuenca de recepción del barranco de Morana, en ella se genera una escorrentía superficial rápida,

1. Estudios geológicos de detalle indican que estos niveles corresponden también al Jurásico inferior. (Infralías).

con elevados caudales punta (avenidas) en respuesta inmediata a las precipitaciones o las fusiones de la nieve.

— *Las áreas cubiertas de coluviones, con desarrollo de suelo edáfico y abundante vegetación:* corresponde al baranco de Morca y el Parque Natural de la Dehesa del Moncayo. La masa vegetal intercepta las gotas de lluvia evitando la erosión, y el suelo retiene y utiliza el agua manteniendo la humedad, lo que facilita la infiltración en los materiales coluvionares y disminuye de forma drástica la escorrentía superficial.

Las diferencias entre las dos áreas quedan patentes al observar la densidad y desarrollo de las respectivas redes de drenaje, más importante en la primera de las áreas.

La evaluación de los recursos hídricos del Macizo del Moncayo se ha realizado a partir del mapa de isoyetas medias anuales que se acompaña (Fig. 2); para su realización se han utilizado datos de 9 observatorios pluviométricos, con series completadas y homogéneas de 44 años. La precipitación en las zonas altas se ha obtenido a partir de la recta de regresión que correlaciona la altitud de cada observatorio con la precipitación.

Los coeficientes de escorrentía aplicados se han obtenido a partir de balances diarios de agua en diferentes terrenos, utilizando para ello el programa cedido por el Servicio de Hidrología de la Junta d'Aigües de Catalunya; los resultados de su aplicación dan la distribución de recursos hídricos de la Fig. 3.

- El barranco de Morana tiene una superficie de 22 Km<sup>2</sup>; su precipitación anual media es de 950 mm; aportando un volumen medio de escorrentía de 14,5 hm<sup>3</sup>/año; constituye, por tanto, la principal aportación del río Huecha.
- El barranco de Morca tiene una superficie de 10 Km<sup>2</sup>; su precipitación anual media es de 1.000 mm, lo que genera unos recursos medios de 5 hm<sup>3</sup>/año.
- La zona que comprende el Parque Natural de la Dehesa del Moncayo, tiene una extensión de 18,4 Km<sup>2</sup>, su precipitación anual media es de 1.100 mm. Las condiciones hidrológicas creadas por la vegetación y la desigual repartición y potencia de los materiales coluviales hace más difícil la evaluación de los recursos de agua generados; no obstante se estima que son superiores en media a los 7,5 hm<sup>3</sup>/año. Una gran parte de este volumen, no es drenado por el Huecha sino que, subterráneamente, y a través de los conglomerados Terciarios pasa a la cuenca del Queiles.

## **HIDROGEOLOGIA DEL SOMONTANO DEL MONCAYO**

Todos los barrancos anteriormente considerados, al llegar a las partes más bajas del Macizo del Moncayo pierden sus aguas, ya sea por causa de las derivaciones de las acequias, o infiltrándose en los materiales permeables de sus cauces (hecho hidrogeológico que denominamos drenaje subterráneo del Macizo del Moncayo).

El Somontano del Moncayo que consideramos incluye las cuencas hidrográficas de

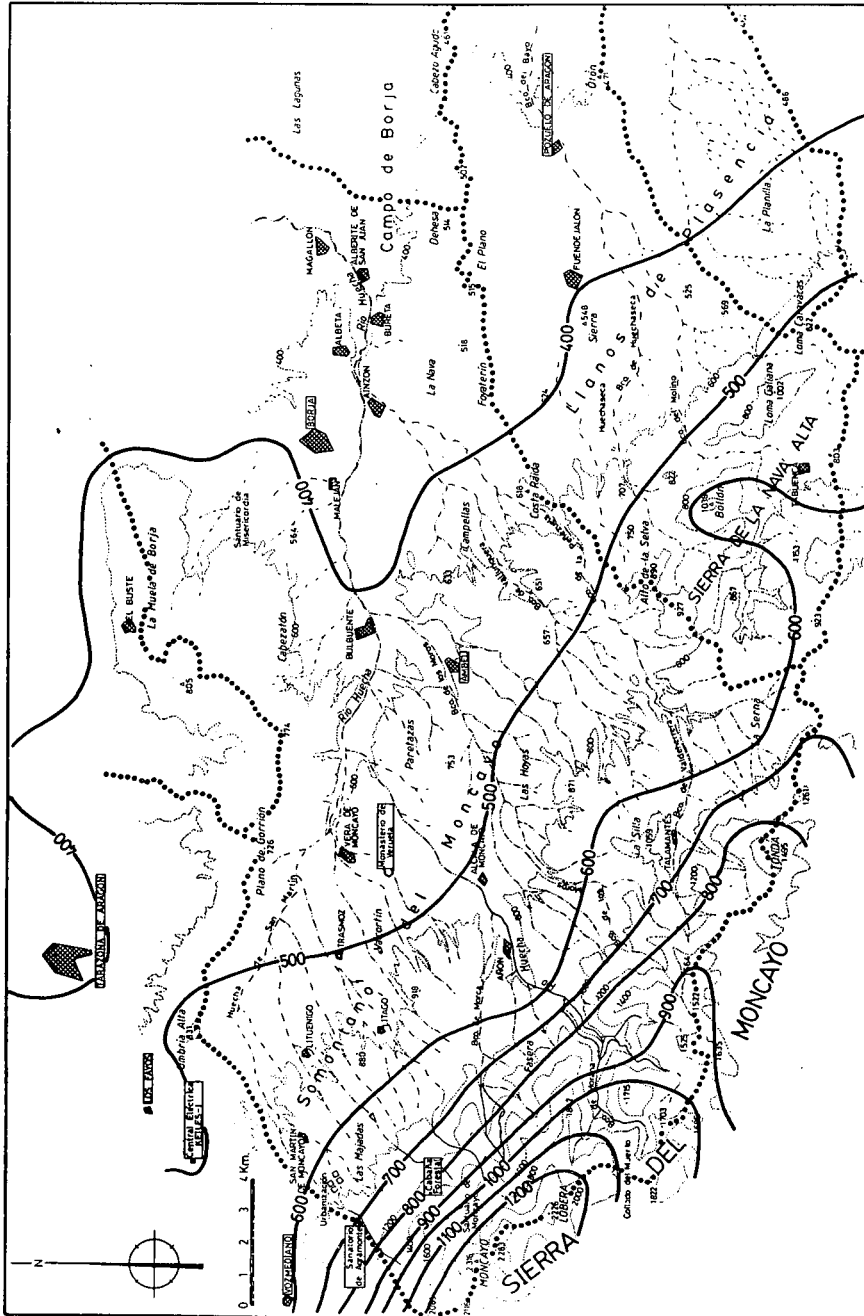


Figura 2: Mapa de isoyetas anuales medias.

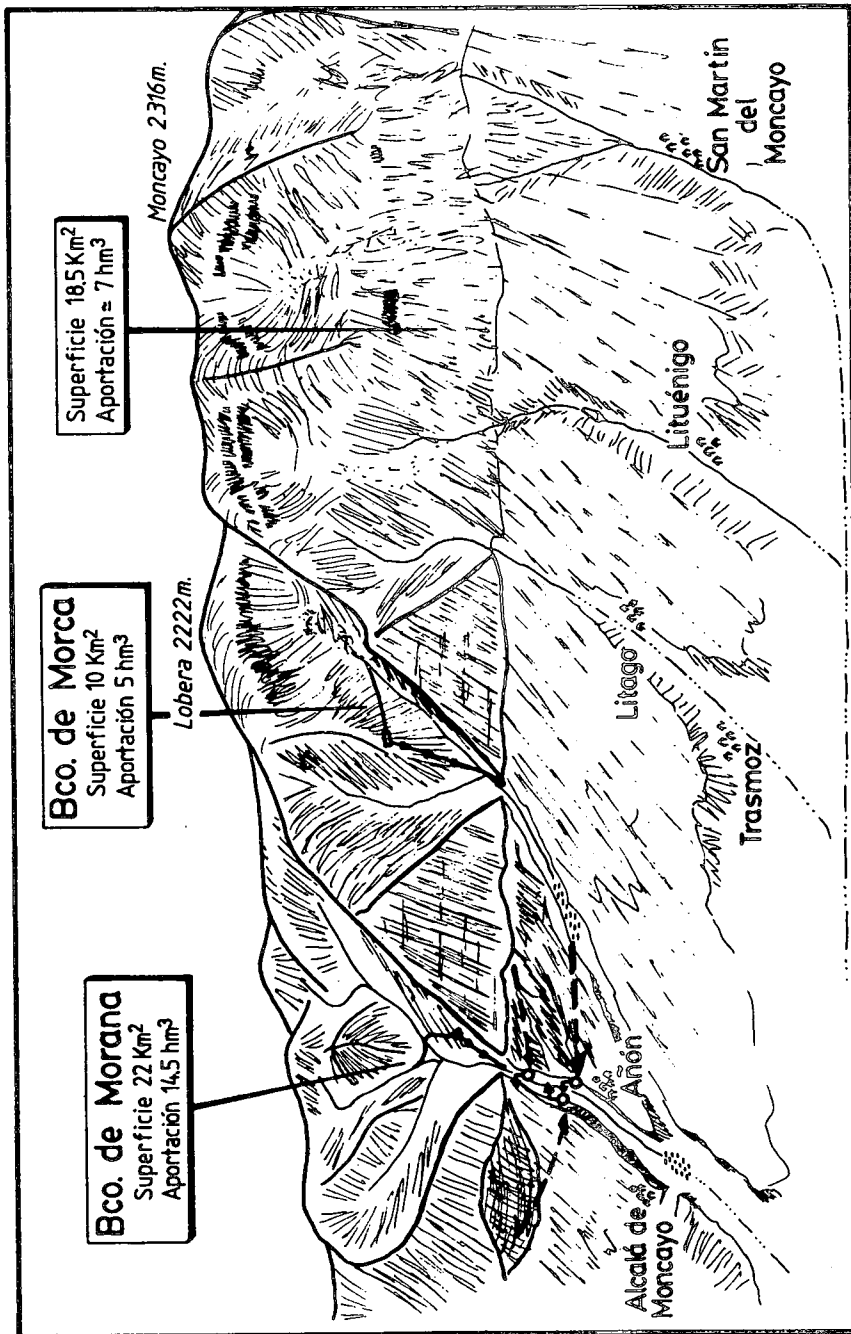


Figura 3: La escorrenúa en la vertiente NE del Macizo del Moncayo.

los ríos Huecha, (hasta Magallón), y Huechaseca (hasta Pozuelo, en el área occidental de los Llanos de Plasencia). Su comportamiento hidrogeológico viene esencialmente condicionado por la geología; por ello, se ha realizado un mapa geológico (Fig. 4) en el que aparecen diferenciadas las unidades litoestratigráficas más relevantes junto con los rasgos estructurales de mayor incidencia hidrogeológica. Tanto el mapa, como los cortes geológicos realizados (Figs. 5 y 6), se apoyan en los datos geológicos de superficie y de profundidad (sondeos y prospecciones geofísicas).

Las unidades geológicas que por sus características hidrogeológicas tienen más interés para el Somontano son las siguientes:

**TRIASICO:** Los materiales más antiguos descritos en la zona corresponden a unas calizas dolomíticas citadas en columnas de sondeos y que fueron asignadas a la *facies Muschelkalk* del Triásico medio; no obstante, su interpretación dentro del contexto geológico de la zona indica que se trata de materiales del Jurásico. Lo que si está fuera de duda es la presencia de materiales del Triásico Superior (*facies Keuper*), con su litología típica de lutitas rojas y yesos, siendo característico en ésta zona la frecuente presencia de sills de espilitas. Los materiales del Keuper tienen un gran interés hidrogeológico al actuar, como sucede en otras zonas, de auténtico sustrato impermeable regional.

**JURASICO INFERIOR (LIAS):** Dos son las formaciones definidas para esta unidad, GOY, A., et al., (1976): las *Dolomías Tableadas de Imón*; son dolomías de color pardo, bien estratificadas; su potencia no supera los 20 metros; y las *Carniolas de Cortes de Tajuña*, formadas por brechas dolomíticas grises oscuras, muy karstificadas, que *constituyen el principal acuífero de la zona*, al igual que sucede en el resto de la Cordillera Ibérica, (a él nos referimos en adelante cuando hablamos del acuífero del LIAS).

Los parámetros hidrogeológicos de éstas brechas son muy variables, en función de la potencia que presentan y del mayor o menor contenido en anhídrita (material evaporítico que llena los huecos de la brecha); es por ello, que pueden medirse valores de transmisividad que oscilan entre 200 y más de 3.000 m<sup>2</sup>/día.

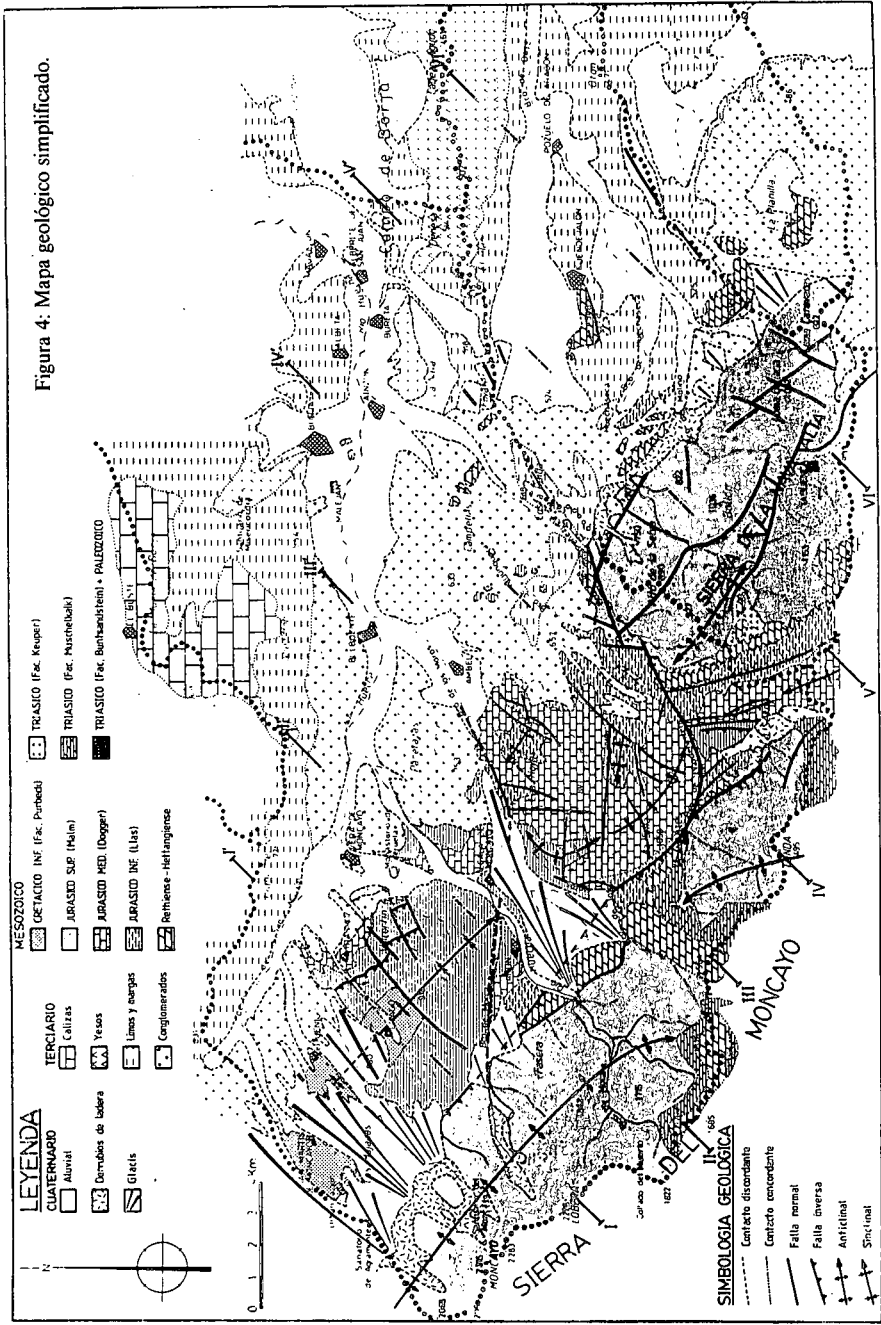
Siguiendo la clasificación de BAYO, A., et al. (1986) estas brechas del LIAS corresponderían a un *acuífero kárstico de flujo difuso*.

Estratigráficamente, a techo de las brechas y dentro todavía del Lías, se encuentran unos depósitos margosos poco permeables, que sirven de confinamiento al acuífero.

**JURASICO MEDIO (DOGGER):** En este tramo, destaca una potente serie alternante de margas calcáreas y calizas (*Fm. Carbonatada de Chelva*) que hidrogeológicamente se comportan como un *acuífero kárstico «sensu stricto»*, como lo manifiesta la presencia de grandes conductos (Cuevas de Añón) y una intensa karstificación en superficie; lo denominamos acuífero del DOGGER.

La SERIE MESOZOICA continúa con los materiales lutíticos carbonatados de la *Fm. Margas de Sot de Chera* y los casi 1.000 metros de areniscas, lutitas y calizas,

Figura 4: Mapa geológico simplificado.



pertenecientes a las facies Purbeck (BEUTER, A. 1966). Todos ellos de escasa incidencia hidrogeológica.

El Terciario aflorante (MIOCENO) se presenta discordante sobre los depósitos mesozoicos citados, recubriendo un enérgico paleorrelieve. Considerando las facies observadas, PELLICER, F. (1984) hace la siguiente diferenciación:

*Facies de paleocanales de Vera de Moncayo*: aflora desde San Martín hasta Ainzón; está formada por conglomerados y areniscas que alternan con niveles arcillosos. Hidrogeológicamente pueden ser consideradas como un acuífero «pobre», con transmisividades del orden de 20-30m<sup>2</sup>/día; no obstante, en la zona de Maleján se han reconocido niveles conglomeráticos con transmisividades de unos 200 m<sup>2</sup>/día.

*Facies lacustres de la Dehesa Nueva*, aflora al norte de las facies anteriores y corresponden a calizas lacustres, margas blanquecinas y tobáceas, así como lutitas y yesos. Hidrogeológicamente se comporta como un material poco permeable.

El CUATERNARIO está representado por extensos y potentes glaciares que arrancan del Macizo del Moncayo. También, aunque de menor importancia, pueden citarse los depósitos aluviales y de terraza desarrollados en la zona de Borja, y los coluviones que recubren los más abruptos terrenos del Moncayo. Hidrogeológicamente tienen un cierto interés dada su elevada porosidad y permeabilidad, pero sus recursos hídricos son limitados; proceden básicamente del drenaje de las unidades geológicas con las que están en contacto.

En los cortes geológicos (Figs. 5 y 6) puede verse la disposición geométrica que presentan los materiales hasta aquí descritos y las relaciones estructurales que les afectan. En ellos se aprecia cómo el Somontano queda limitado por dos fallas inversas: al SW la «falla de Talamantes» que lo pone en contacto con el Macizo del Moncayo, y al NE, la «falla Noribérica», que corresponde al contacto de la Cordillera Ibérica con la Depresión Terciaria del Ebro, y constituye el límite septentrional de los acuíferos de la zona.

Al E. del Macizo del Moncayo, ya en la cuenca del Huechaseca, se localiza el «Horst de Tabuena». Su contacto septentrional con el Somontano en los «Llanos de Plasencia» (área de Fuendejalón-Pozuelo) tiene lugar por medio de una falla inversa.

Estructuralmente, en el Somontano del Moncayo pueden diferenciarse las siguientes unidades (ver mapa geológico de la Fig. 4):

*Sinclinorio Litago-Talamantes*: tiene un gran interés hidrogeológico porque está atravesado por la «falla de Morca» que individualiza la terminación S E del sinclinal en la que se ubican los manantiales del Añón. Esta falla es la causa de la desaparición del río Huecha al pie de la localidad de Alcalá de Moncayo.

El resto del Somontano está en su mayor parte recubierto por depósitos del Terciario; la delimitación estructural que realizamos se basa en los datos aportados por sondeos y cartografía de detalle de los afloramientos mesozoicos existentes. Se ha diferenciado:



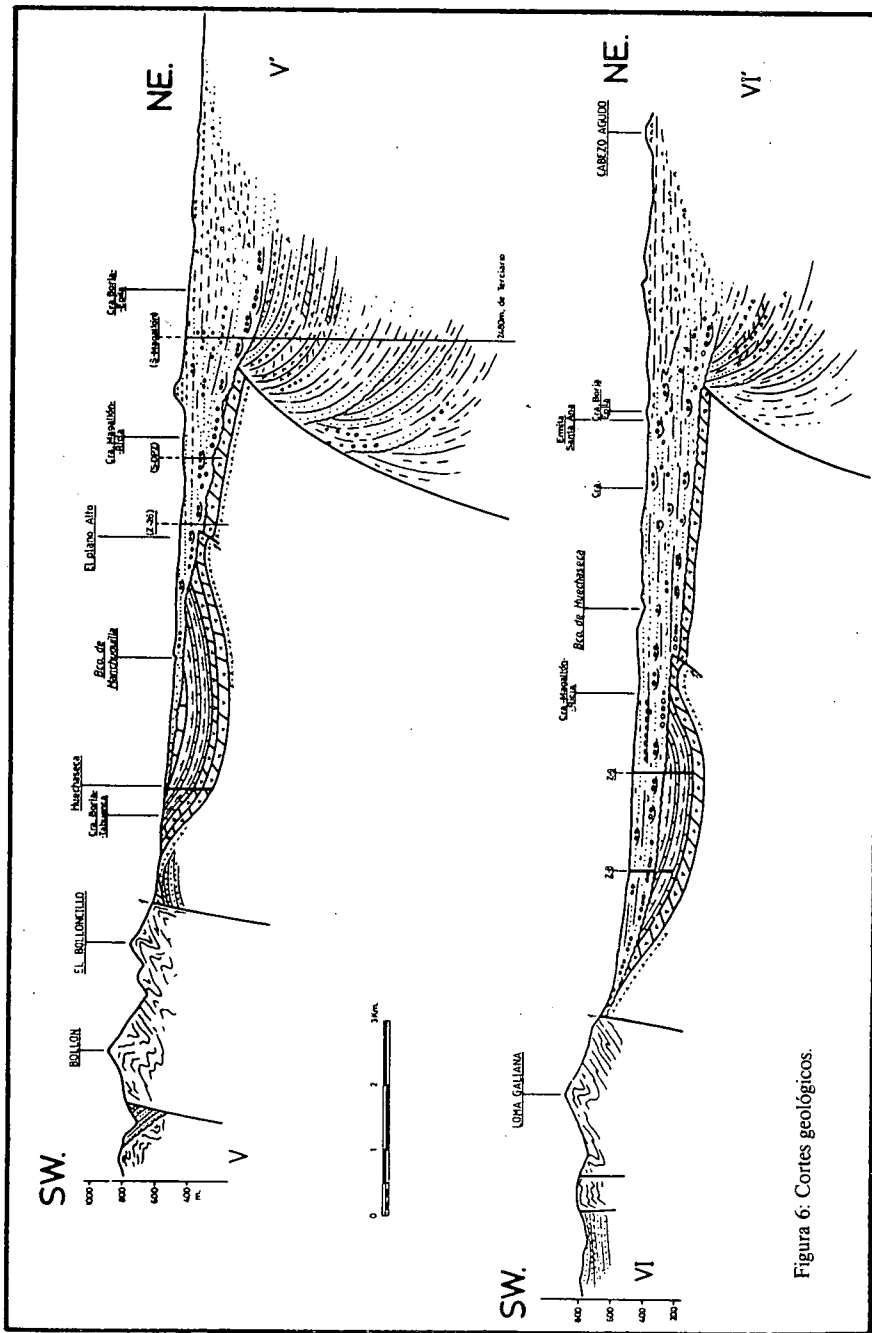


Figura 6: Cortes geológicos.

*Sinclinal de Campellas*: Situado al N E del «horst de Tabuena»; se extiende hacia Bulbunte; su flanco N E se relaciona con la siguiente unidad estructural mediante falla inversa.

*Bloque hundido de Ainzón-Pozuelo*: es un conjunto litológico que, inclinado hacia la Depresión Terciaria del Ebro, queda bruscamente cortado por la falla noribérica.

## LAS ZONAS DE DESCARGA DE AGUAS SUBTERRANEAS

Las descargas naturales de las aguas infiltradas en los diferentes terrenos, en especial las que proceden del drenaje subterráneo del Macizo, se localizan básicamente en tres zonas (Fig. 10):

1. *Manantiales de Añón*: Existen tres surgencias principales: Rey, Prado, y Cuevas de Añón; cada una de ellas responde a unos condicionantes hidrogeológicos diferentes.

El manantial del Rey drena el acuífero del LIAS en la margen izquierda del Huecha; recibe aportes directos de las lluvias, y de la escorrentía del Moncayo. Su caudal medio es de unos 80 l/s.

El manantial de Las Cuevas de Añón tiene un caudal medio del orden de 150 l/s.; está ubicado en los materiales del acuífero del DOGGER, si bien sus caudales apenas proceden del drenaje de estos materiales puesto que tienen unos recursos muy limitados (acuífero kárstico sensu estricto), sino de la infiltración de la escorrentía del barranco de Morca, hecho puesto de manifiesto por las fuertes oscilaciones de caudal observadas en el manantial (Fig. 7) que siguen fielmente el régimen de las precipitaciones (también lo corrobora la temperatura del agua en la surgencia y la desaparición por infiltración del agua en el cauce del barranco de Morca).

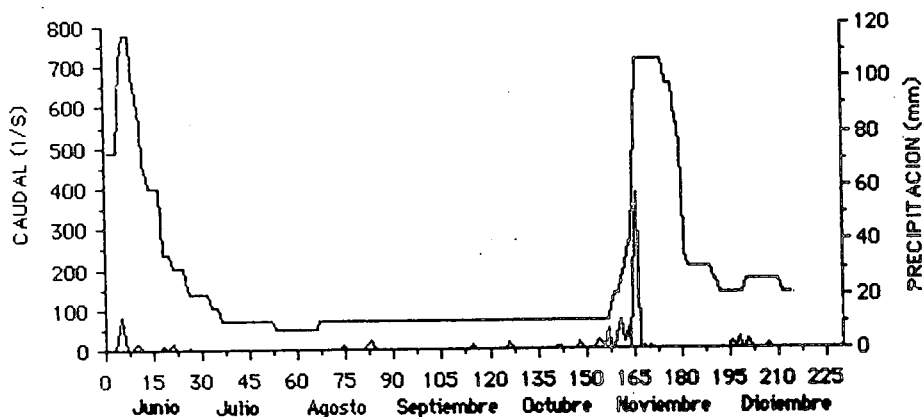


Figura 7: Relación entre los caudales diarios del manantial de Las Cuevas y la precipitación (año 1984).

El manantial del Prado está situado en la margen derecha del Huecha; su caudal es de unos 100 H/l.s.; recoge, principalmente, las infiltraciones del barranco de Los Moros a través de un extenso y potente glacis, y también del acuífero del LIAS.

2. *Manantiales de Borja-Maleján*: Representan como veremos más adelante el drenaje natural del acuífero del LIAS; sus principales surgencias son las de Vargas, Lon, y Luchán. En conjunto aportan un caudal medio del unos 350 l/s., con variaciones a lo largo del tiempo muy reducidas en comparación con las que se producen en los manantiales de la zona de Añón (Fig. 8), respondiendo a las precipitaciones con un notable retraso, lo que indica la importante regulación que el acuífero produce.

Además de estos manantiales, existen evidentes descargas de agua a los materiales del aluvial del Huecha, alimentando así al río; estos caudales son aprovechados para riego mediante azudes.

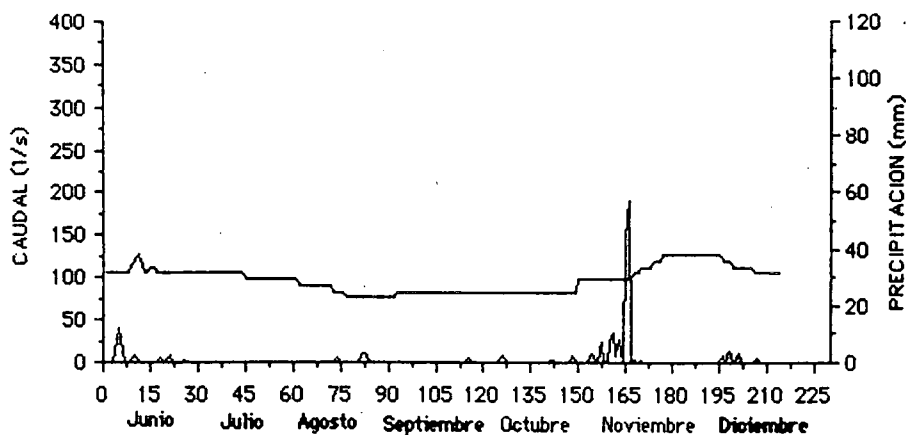


Figura 8: Relación entre los caudales diarios del manantial de Lon y la precipitación (año 1984).

3. *Manantiales de Ainzón-Pozuelo*: Más al SE que los anteriores, y claramente relacionados con la falla noribérica, existe una serie de manantiales alineados: Las Heras (Bureta), Abarquetes (Bureta), Salitroso (Borja), Albeta (Albeta) y Santa Ana (Pozuelo), que surgen en materiales lutíticos del terciario, llevan asociados numerosas áreas húmedas. El origen del agua de estos manantiales y zonas húmedas está en los flujos regionales drenados por el acuífero del LIAS, que han sido objeto de numerosos estudios por parte de la Cátedra de Hidrogeología, tanto en relación a modelos de flujo, MARTINEZ GIL, F. J., et al. (1986); como geotermalismo, SANCHEZ, J. A., et al. (1987 a); o procesos geológicos asociados (como el transporte de iones en disolución SANCHEZ, J.A., et al., 1987 b) continuándose actualmente su estudio en la modelización de estos flujos regionales.

Estas tres áreas de manantiales coinciden totalmente con las tres tipologías hidroquímicas que los resultados de los análisis físico-químicos realizados nos han permitido determinar. Estas tipologías quedan claramente definidas en el diagrama P-H-L- que se acompaña en la Fig. 9; su características principales son las siguientes:

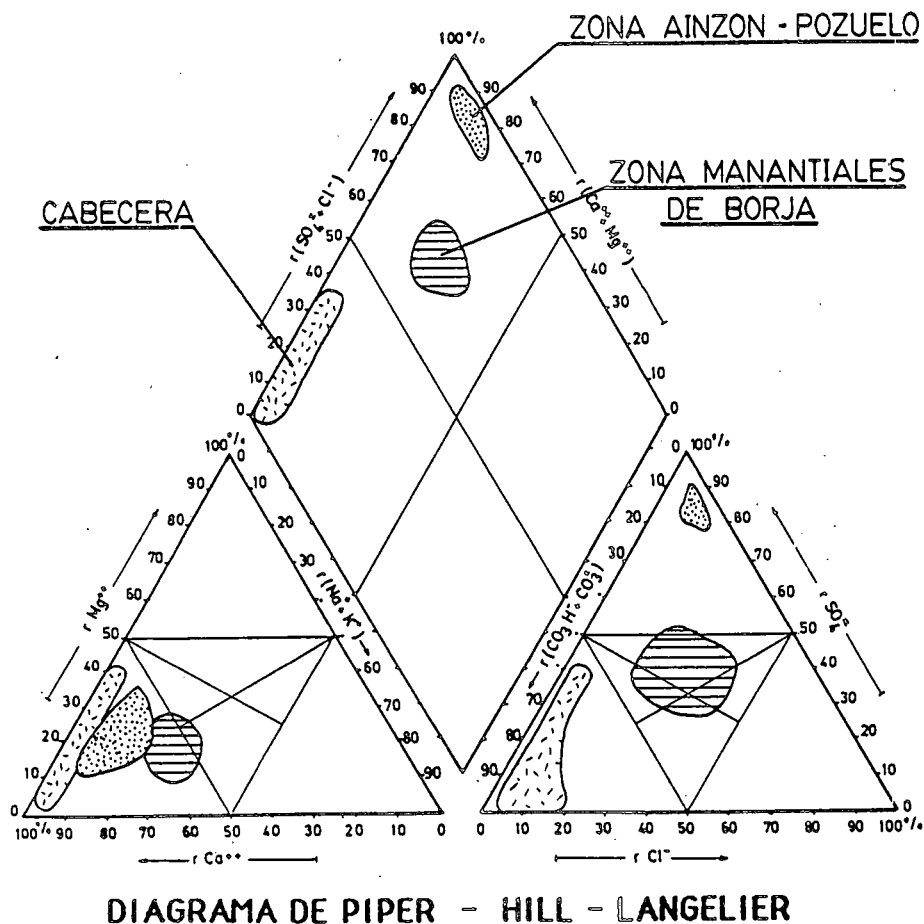


Figura 9: Tipología hidroquímica de las aguas analizadas.

1. *Aguas bicarbonatadas cálcicas de baja mineralización:* Corresponden a las muestras tomadas en los manantiales de la zona de Añón así como de otras pequeñas surgencias situadas en el Macizo del Moncayo. El contenido en sólidos disueltos varía entre 30 y 200 mg/l, y la dureza oscila entre 5 y 8º franceses.

2. *Aguas sulfatadas-bicarbonatadas cálcicas, de mineralización media:* Son las aguas de los manantiales de Borja y Maleján; todas ellas de composición muy similar. La mineralización es de unos 550 mg/l., siendo el catión predominante el calcio (unos 120 mg/l.). Los aniones más abundantes son el sulfato (unos 200 mg/l.) y el bicarbonato (alrededor de 150 mg/l.).

3. *Aguas sulfatadas-cálcicas de elevada mineralización:* Son las observadas en los manantiales del área de Ainzón-Pozuelo. Su mineralización varía entre 2.300 y 3.500 mg/l.; su catión predominante es el calcio, presentando contenidos que oscilan entre 500 y 700 mg/l. De los aniones el más abundante es el sulfato, alcanzándose contenidos que varían entre 1.500 y 2.100 mg/l.

## **FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO DEL MACIZO Y SOMONTANO DEL MONCAYO**

Las aguas de escorrentía generadas en la parte del Macizo que estamos considerando, al alcanzar los materiales permeables del Somontano se infiltran, recargando los acuíferos. En la parte más occidental (Litago, Trasmoz...) el agua se introduce a través de materiales del Terciario y Cuaternario, dirigiéndose hacia la vecina cuenca del río Queiles. Las aguas de los barrancos de Morca, Morana, Los Moros se infiltran en materiales calizos surgiendo en su mayor parte en los manantiales del área de Añón. Sólo en la parte más oriental del macizo —zona de Talamantes— las aguas infiltradas llegan al acuífero del LIAS y toman una dirección distinta de las anteriores.

El agua de los manantiales de Añón, junto con la escorrentía superficial generada por el barranco de Morana, constituyen el río Huecha en su cabecera; el río, al llegar a Alcalá de Moncayo pierde toda el agua, salvo la derivada por acequias y la que en ocasión de avenidas excepcionales no puede ser infiltrada.

Toda el agua infiltrada circula por el acuífero del LIAS cuyo nivel piezométrico está en Alcalá de Moncayo a más de 100 metros por debajo de la cota del río. La circulación del agua por este acuífero se expresa en la fig. 10; como puede observarse, el agua se dirige preferentemente hacia el Este (manantiales del área de Borja-Maleján), y también hacia el SE (cuenca del Huechaseca) lo que constituye un claro trasvase subterráneo hacia el Jalón.

El final hidrogeológico de estos flujos en el acuífero del LIAS, se sitúa en la «falla noribérica», dando lugar a los manantiales del área Ainzón-Pozuelo, y más al Este —ya en el Jalón— a los manantiales de Pontil y zonas húmedas de Plasencia de Jalón.

El esquema hidrogeológico de la Fig. 11 muestra cómo el acuífero del LIAS recibe aportes directos de otras zonas montañosas (horst de Tabuena), y también de la precipitación que infiltrada en materiales del Terciario y Jurásico Medio (DOGGER) alcanza en profundidad al acuífero; una de las recargas puntuales más importantes corresponde a la infiltración de los caudales procedentes del manantial «Ojo de Ambel» (esta surgencia recibe la mayor parte de los aportes del acuífero del DOGGER).

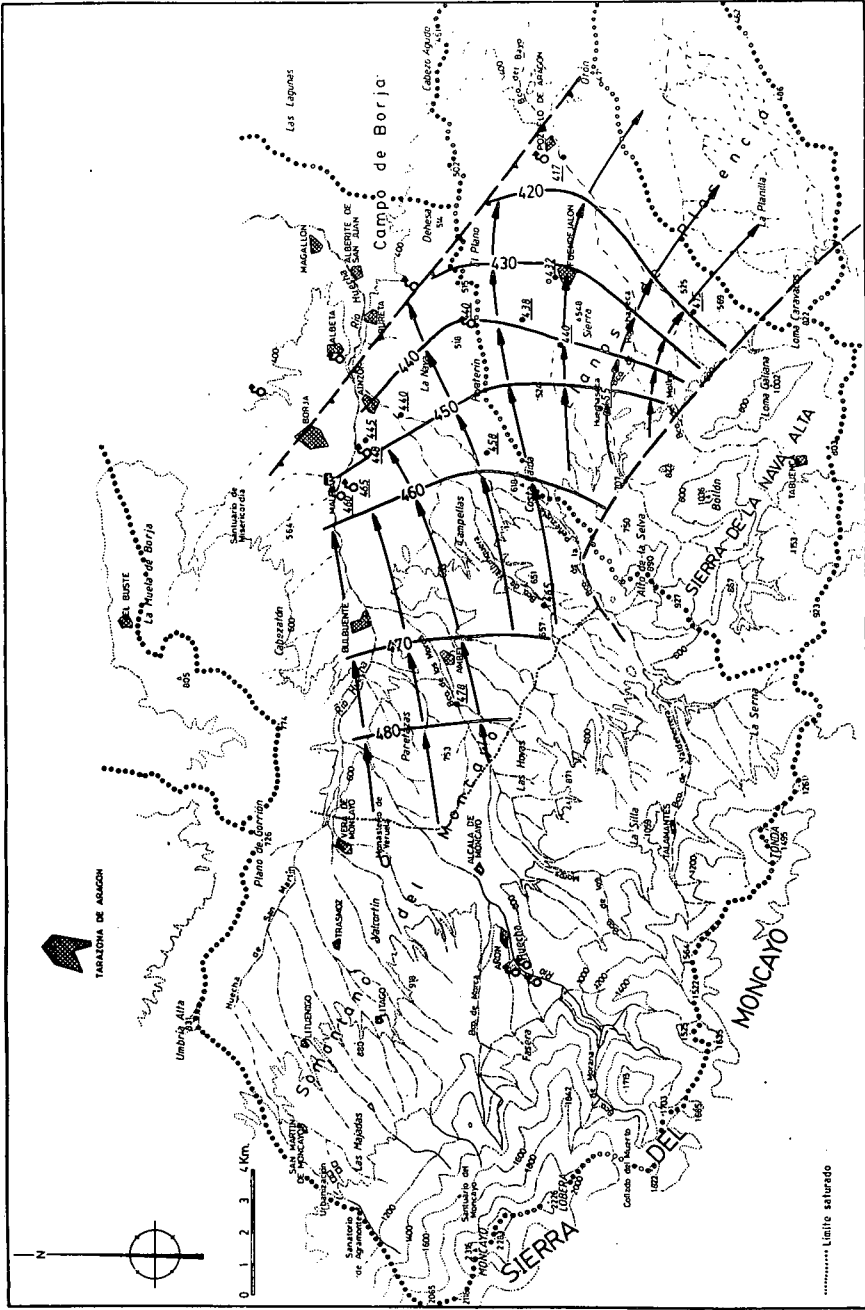


Figura 10: Areas de descarga de aguas subterráneas y su circulación a través del acuífero del Liás.

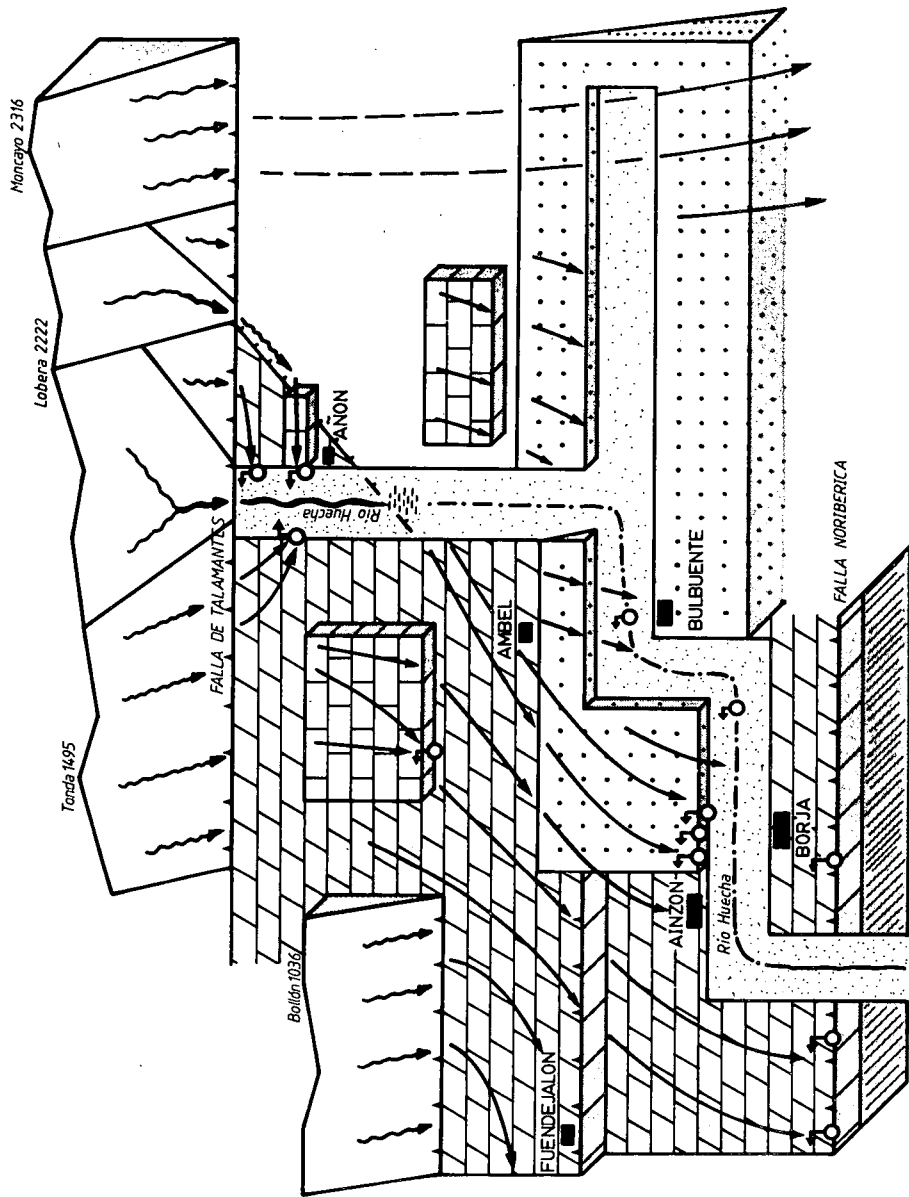


Figura 11: Esquema de funcionamiento hidrogeológico del Macizo y Somontano del Moncayo.

En la Fig. 12 se observa como los manantiales del área Borja-Maleján, si bien surgen en materiales del Terciario, sus caudales proceden fundamentalmente del acuífero del Lías. Sólo entre Bulbunte y Maleján, el reducido aluvial del Huecha recibe aportes directos del Terciario que son el origen del aprovechamiento de la Fonnueva.

## BIBLIOGRAFIA

BAYO, A.; CASTIELLA, J.; CUSTODIO, E.; NIÑEROLA, S., y VIRGOS, L., 1986.- Ensayo sobre las diversas tipologías en rocas carbonatadas de España. Identificación, técnicas de estudio y formas de captación y explotación. **Jornadas sobre el karst. Euskadi-86**, tomo II. San Sebastián.

BEUTHER, A., 1986.- Geologische Untersuchungen in Wealden und Utrillas - Schichten im Westteil der Sierra de Cameros (Nordwestliche Iberische Ketten) **Beih. Geol. J. b.**, vol. 44, pp. 103 -121. Hannover.

CARDIES, M.; NIEVA, S.; TOVAR, A.; MELENDEZ, A., y MELENDEZ, G., 1988.- **Estudio geológico de los materiales Jurásicos del sector Ricla - Tarazona**. 105 pp. Servicio Geológico de la Diputación Provincial de Zaragoza.

CRUZ CASCALES, J., 1985.- El agua subterránea en la vertiente ibérica de la Cuenca del Ebro: Valle de Jiloca, Cuaternario de Alfamén, Somontano de Moncayo y acuíferos del Bajo Aragón. **In Seminario del Agua en Aragón**, pp. 185-226. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza.

CRUZ, J., y GARRIDO, M., 1987.- Las aportaciones de agua para el regadío actual de la cuenca media y alta del Huecha (Zaragoza). **7.ª Conf. Hidrol. Gral. y Aplic.**, SMAGUA 87. 119-131 pp., Zaragoza.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA, 1987.- **Cartografía geología de la Hoja n.ª 353 (Pedrola), cuadrantes III y IV**, 67 pp. Servicio Geológico de la Diputación Provincial de Zaragoza.

EPTISA, 1984-1988.- **Investigación hidrogeológica de la cuenca del río Huecha**. Numerosos trabajos dentro del Convenio Marco de Asistencia Técnica D.G.A.- I.G.M.E.

FREEZE, R. A., y CHERRY, J. A., 1979.- **Groundwater**. Englewood Cliffs, 604 pp. New Jersey.

GOMEZ, J.J.; GOY, A., 1979.- Las unidades litoestratigráficas del Jurásico Medio y Superior, en facies carbonatadas del sector levantino de la Cordillera Ibérica. **Estudios Geológicos**, 35: 596-598.

GOY, A.; GOMEZ, J. J., y YEBENES, A., 1976.- El Jurásico de la Cordillera Ibérica (Mitad norte): I Unidades litoestratigráficas. **Estudios Geológicos**, 32: 391-423.

I.G.M.E., 1980.- **Mapa geológico de España**. Escala 1: 50.000 2.ª serie. Hoja 352. (Tabuena). Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria. Madrid.

I.G.M.E., 1982.- **Investigación Hidrogeológica de la Cuenca del Ebro**» Colección Informe **Serv. Pub. Min. Ind y En.** 82 pp.

I.G.M.E., 1987.- Contribución de la exploración petrolífera al conocimiento de la Geología en España. **Serv. Publ. Min. Ind. y En.**, Madrid.

LACAL, R., Y MARTINEZ GIL, F. J., 1985.- **Estudio hidrológico de las cuencas del Aranda e Isuela**. Cátedra de Hidrología, Universidad de Zaragoza (inédito).

MARTINEZ GIL, J., 1985.- Un repaso a la situación y actitud de Aragón frente al estudio

y gestión de sus recursos de agua. In **Seminario del Agua en Aragón**, pp. 14-50. Servicio de Publicación de la Universidad de Zaragoza.

M.O.P.U., 1974.- **Estudio hidrogeológico de la cuenca del río Huecha (Zaragoza)**. Confederación Hidrográfica del Ebro.

PELLICER CORRELLANO, F., 1984.- **Geomorfología de las cadenas ibéricas entre el Jalón y el Moncayo**. Centro de Estudios Borjanos. Institución Fernando el Católico. Borja (Zaragoza).

RIBA, O.; REGUAN, S., y VILLENA, J., 1983.- Ensayo estratigráfico y evolutivo de la cuenca terciaria del Ebro. **Libro jubilar de D. J. M. Ríos. Geología de España**, tomo II, pp. 131-159.

SANCHEZ, J. A.; DE LEIVA, A.; MARTINEZ, F. J., 1987.- Hidroquímica de las manifestaciones termales en la provincia de Zaragoza: consideraciones genéticas. **Comunicaciones a la III Reunión Nacional de Geología ambiental y Ordenación del Territorio**. Vol. I, pp. 345-356. Valencia.

SANCHEZ, J. A., DE MIGUEL, J. L., y MARTINEZ GIL, F. J., 1987.- El drenaje subterráneo de la cordillera Ibérica en la Depresión Terciaria del Ebro: procesos geológicos asociados. **II Cong. Geoquímico de España**. 3-8 pp. Soria.

SANCHEZ, J. A., y DE LEIVA, A., 1988.- **Informe sobre el bombeo simultáneo realizado en los sondeos «La Balsa» y «El Camino» del término municipal de Fuendejalón (Zaragoza)**. Inédito. Servicio Geológico de la Diputación de Zaragoza.

SANZ PEREZ, E., 1987.- El karst del sur y oeste del Moncayo. **Informaciones y Estudios**, n.º 47. M.O.P.U., Madrid.