

ESQUEMA GENERAL DE LAS UNIDADES HIDROGEOLOGICAS DEL ALTO ARAGÓN

José Antonio CUCHÍ OTERINO¹

RESUMEN.—El Alto Aragón alberga un amplio número de unidades hidrogeológicas. Ante la inexistencia de un trabajo de conjunto, se realiza un avance de las características de estas.

ABSTRACT.—The Alto Aragón hosts a large number of hydrogeological units. Lacking an overall work, a first approach is done on the subject.

KEY WORDS.—Karstic aquifers, fissured aquifers, porous aquifers, Huesca, Upper Aragon.

INTRODUCCIÓN

El Alto Aragón es rico en aspectos ambientales de todo tipo, desde las crestas pirenaicas hasta los llanos monegrinos. Esta riqueza se extiende también al ámbito hidrogeológico, pues existen formaciones de características muy diversas. Estas unidades se recargan directamente por las precipitaciones, alimentan numerosos manantiales, sostienen los cursos superfi-

¹ Escuela Universitaria Politécnica de Huesca. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA.

ciales durante los estiajes y abastecen a poblaciones, granjas y regadíos. A pesar de su interés, se conocen solo parcialmente. El presente estudio resume el estado actual de los conocimientos sobre las mismas.

Desde un punto de vista hidrogeológico, las formaciones geológicas, bajo condiciones de saturación, se clasifican en acuíferos, acuitardos y acuicludos. Los dos primeros almacenan y transmiten agua; se diferencian, bajo un punto de vista utilitario, en función de una menor o mayor capacidad para suministrar agua con que satisfacer diferentes necesidades. Los acuicludos se definen como impermeables y son prácticamente inexistentes en términos reales.

Los acuíferos descargan en manantiales de diversa magnitud y en ellos pueden perforarse pozos productivos. Tradicionalmente se clasifican en fracturados, kársticos y detríticos. Los acuitardos, en materiales de baja permeabilidad, pueden producir pequeños manantiales y rezumes.

ACUÍFEROS FRACTURADOS

En los acuíferos de tipo fracturado, el flujo se produce a través de fracturas de la roca. El movimiento del agua es lento y solo conlleva una mínima disolución o alteración de la roca. Este tipo de acuíferos es típico de rocas plutónicas donde la roca sana presenta una elevada impermeabilidad pero cuya permeabilidad se incrementa por fracturación y alteración.

La superficie cubierta por granitos es relativamente reducida en Huesca y confinada en batolitos próximos o a caballo de la frontera francesa: Respomuso, Panticosa, Barrosa, Bagüena, Llardana, Montes Malditos. De edad tardihercínica, han sido fracturados por las orogenias hercínica y alpina y presentan grandes fallas subverticales, con desigual distribución.

A partir de algunas de las fracturas importantes, ampliadas por acción glaciar, se generaron las cubetas que albergan en la actualidad parte de los glaciares y neveros. Resultado directo del glaciario son muchos de los ibones pirenaicos, en especial en la zona de Sallent-Panticosa (Arrieles, Respomuso, Bachimaña, Azules) y Benasque (Batisielles, Literola, Cre güeña). La acción glaciar barrió los posibles depósitos de alteración, refres-

cando la superficie de los batolitos, a diferencia de lo que sucede en zonas como las Guilleries de Gerona, Salamanca o Madrid.

Por recarga de aguas de lluvia o fusión nival, y posiblemente también desde los ibones, a través de los sistemas de fracturas se han desarrollado sistemas de acuíferos, aún poco estudiados. La descarga se produce a través de manantiales de caudales modestos. No se han definido áreas de recarga singulares, asociables a manantiales singulares.

Manantiales fríos se conocen en Campoplano, Bachimaña y Remuñé. En general son modestos rezumes que solo se hacen patentes tras lluvias o deshielo y para cuyas aguas puede suponerse un corto recorrido y escaso tiempo de permanencia. En ocasiones, los manantiales quedan enmascarados por masas de derrubios o materiales morrénicos.

Más conocidos son los manantiales termales de los balnearios de Panticosa y Benasque. Con temperaturas de emergencia que no superan los 50 °C, sus aguas descienden algunos kilómetros de profundidad y su tiempo de residencia puede superar la decena de miles de años. Aunque frías y surgiendo en una facies litológica diferente, las aguas de La Puda de Villarrué presentan una facies química del tipo de granitos.

En general las aguas de los granitos presentan una baja mineralización y facies bicarbonatado-sódica. En las manifestaciones termales, con aguas reductoras, se aprecia la presencia de sulfhídrico libre, así como concentraciones elevadas en flúor, boro y metales pesados.

Razones orográficas, bajas producciones y mínima demanda hacen que los acuíferos en granito no sean explotados, excepto en dos balnearios. En Panticosa se han completado dos galerías y un sondeo. El sondeo más antiguo y exitoso es el de Tiberio, cercano a la iglesia y realizado manualmente en la década de 1950. Otra galería, más reciente, se sitúa bajo la fuente de San Agustín y se ha empleado en la accidentada vida de la embotelladora. El sondeo, de aguas surgentes, se marcó junto a la fuente del Carmen.

La dolerita toleítica, también conocida como ofita, es una roca plutónica de color verde oscuro que se encuentra en masas aisladas, de dimensiones reducidas, intruidas en las arcillas evaporíticas del Keuper. Aparecen

desde Guara por Naval, Camporrells, Estopiñán, Purroy de la Solana, Bonansa y Aulet. Habitualmente fracturados, presentan una alteración característica en bolos. Muy poco conocidos a efectos hidrológicos, parecen utilizarse, a través de un pozo, para abastecimiento de Nachá.

ACUÍFEROS KÁRSTICOS

Los acuíferos de tipo kárstico se desarrollan en rocas carbonatadas, calizas y dolomías. También son karstificables los conglomerados calizos y los yesos. La disolución de la roca por el agua de recarga, además de un efecto hidrológico directo, produce un paisaje característico, así como el marco deportivo de los cañones y cavidades.

En el *karst*, el flujo de agua produce la disolución de la roca que la alberga. Las zonas de recarga son relativamente secas, pobres en corrientes de agua y con un paisaje seco, áspero y accidentado, surcado por dolinas y lapiaces.

El flujo subterráneo produce ocasionalmente cavidades útiles para la espeleología que permiten acceder a auténticos ríos subterráneos. Las surgencias pueden ser espectaculares por sus bruscas variaciones de caudal.

Las formaciones carbonatadas del Alto Aragón se extienden por una parte sustancial de la provincia y abarcan casi toda su historia geológica. Las masas más importantes pertenecen al Paleozoico (Devónico y Carbonífero), al Mesozoico (Trías, Lías y Cretácico) y al Terciario (Eoceno). Aunque se encuentran dolomías, dominan las calizas, de relativa pureza y buena karstificación. Durante el Oligoceno, consecuencia del desmantelamiento de la cadena pirenaica, se formaron los conglomerados prepirenaicos con cantos predominantemente calizos y cemento calcáreo.

Los acuíferos kársticos del Alto Aragón fueron agrupados por parte del IGME en los sistemas 67 (sinclinal de Jaca) y 68 (sinclinal de Tresp). El sinclinal de Boltaña-Sarsa de Surta actuaría a modo de división entre ambas unidades. Esta agrupación, carente de sentido estructural, es meramente formal en torno a las depresiones intramontañosas derivadas de la mayor erosión diferencial de las margas de las cuencas de Jaca y Graus.

La realidad es más compleja, pues puede definirse un conjunto de unidades paleozoicas y otro de unidades cretácico-eocenas.

Calizas paleozoicas

Las calizas paleozoicas aparecen en el Pirineo axial, en continuidad a ambos lados de la frontera y en zonas de abrupta topografía. Por haber sufrido dos orogenias, presentan un elevado grado de fracturación y complicación estructural.

Aunque poco estudiadas, se identifican varias áreas karstificadas en Candanchú, alto Gállego, Viadós-Estós y valle de Benasque. Situadas en el área más lluviosa de Aragón, con una importante componente nival, la recarga se potencia en los campos de dolinas presentes en todas las zonas señaladas. Las más desarrolladas se encuentran en el Portalet, Soba y Barrancs.

Se conocen varios sumideros, especialmente en Benasque. Además de los sumideros de Bardamina y Renclusa, el más espectacular es el Forau de Aigualluts, que deriva aguas de los glaciares de Aneto-Maladeta y Salenques hacia el valle de Arán. Esta y otras surgencias en la vertiente norte atlántica indican que la divisoria hidrológica subterránea no coincide con la superficial.

Algunos sistemas de transporte subterráneos han sido parcialmente explorados en Aguas Tuertas (Ansó), collado de Estós y especialmente en el alto valle de Benasque: Renclusa, Peña Blanca y Barrancs. Uno de los más interesantes es el que sirve de emisario al lago de Alba. Sus aguas reaparecen en las fuentes del mismo nombre, tras un recorrido en la zona de contacto calizas devónicas-granito.

Además de manantiales bien definidos, como la fuente del Gállego en el Portalet, es posible que parte de la descarga se produzca mediante flujos ascendentes, como indican los sondeos surgentes en Rioseta y Benasque.

Como la demanda de agua de la zona es satisfecha por aguas superficiales y por manantiales sin regular, no se ha trabajado mucho en este tipo de acuíferos. Hay que señalar los estudios en el túnel carretero de Canfranc

y los sondeos para innivación artificial y abastecimiento militar en Candanchú y Cerler.

Calizas cretácicas y eocenas

Existe un gran número de acuíferos en las calizas del Cretácico y Eoceno que cubren una amplia extensión en la mitad norte del Alto Aragón. A efectos descriptivos se pueden diferenciar las unidades pirenaicas y las prepirenaicas, separadas por los materiales terrígenos de las depresiones interpirenaicas, que forman la Canal de Berdún, Val Ancha, Ribera de Fiscal-Fueva y Cuenca de Graus-Benabarre y las depresiones satélites de Arguis, Nocito, Rodellar, Campo y Villacarli.

Los acuíferos en calizas cretácicas y eocenas pirenaicas están muy desarrollados en los pliegues y cabalgamientos que forman el murallón calizo que caracteriza el Pirineo desde La Mesa de los Tres Reyes y Peña Ezcaurri hasta la zona del Turbón y Sopeira.

La red fluvial subdivide diversos macizos: Ezcaurri, Alanos, Peña Forca, Bisaurín, Aspe, Lecherines, Collarada, Telera, Tendeñera, Otal, Monte Perdido, Peña Montañesa, Cotiella, Chía, Turbón, Sopeira. En cada uno de ellos existen uno o varios sistemas kársticos todavía insuficientemente delimitados y conocidos. En la mayor parte de los casos se trata de típicos *karst* alpinos, con un fuerte control estructural, a favor de pliegues anticlinales de vergencia sur.

En general, las diversas unidades tienen un esquema conceptual clásico con accidentadas zonas de alimentación en cotas elevadas, sistemas de cavidades bien desarrolladas y manantiales importantes en las foces y conostos del sistema fluvial.

Las zonas de recarga son pobres en suelos, con abundancia de lapiaces, simas y dolinas. Estas últimas, de moderadas dimensiones, pueden encontrarse en Zuriza, Alanos, Castillo de Acher, Collarada, Otal, Ordesa, Cotiella y Turbón. El drenaje superficial es pobre, con sumideros como Gurrundué. Algunos ibones (Samán, Bucuesa, Asnos, Helado de Monte Perdido, Basa de la Mora y Armeña) tienen emisarios subterráneos.

Las características de las zonas de recarga, muy pobres en drenaje superficial, favorecen una rápida infiltración y un elevado porcentaje de lluvia eficaz. Se desconocen la superficie y límites de recarga de la mayor parte de las unidades.

En la mayoría de los macizos calizos se conocen sistemas de cavidades con tramos activos reconocidos por actividades espeleológicas. Por ello, en la información disponible, predominan las redes fósiles sobre las activas. Hay referencias de algunas tinciones, generalmente realizadas para definir conexiones sumidero-surgencia.

Es frecuente la presencia de surgencias espectaculares, acompañadas de *troppleins* y controladas por niveles impermeables de *flysch* o margas. Las más conocidas, por espectaculares, son las de Villanúa, Santa Elena de Biescas (Traconeras y Batanes), Cotatuero, Soaso, Fuenblanca de Añisclo y Escuaín en el Parque Nacional de Ordesa; Fornos en el Irués; San Pedro en el Turbón y San Cristóbal en el Isábena. Fuertemente estacionales, se estima que pueden alcanzar en algunos momentos caudales superiores al metro cúbico por segundo. Es también habitual la presencia de *troppleins*, como El Rebeco en Villanúa y Graners en el Irués. Existe muy poca información sobre los caudales de las surgencias, incluso de las más importantes.

Del conjunto de unidades pueden destacarse las de Larra y Ordesa. La primera es un sistema muy estructurado que confluye hacia Kakueta, en la vertiente francesa. Al noroeste de Zuriza, bajo la hoya de la Solana se encuentran las cabeceras del río subterráneo de San Jorge. En el entorno de Ordesa, existe una serie de sistemas de grandes dimensiones y fuertes gradientes, condicionados por la estructura geológica e influenciados por el glaciario. En muchos casos, las surgencias aparecen por encima de los cauces actuales.

También existen varios ejemplos de *karst* de mesa en las *klippes* calizas desplazadas sobre materiales impermeables. Peña Montañesa tiene varias surgencias importantes en el contacto con el *flysch* en San Victorián, Moliñás y Fuente Marina. Esta última puede estar conectada con el *tropplein* del Garonazo. El mismo esquema se repite en los Castillos Mayor y de Acher.

La calidad de las aguas de estas surgencias es, generalmente, de tipo bicarbonatado cálcico con mineralización débil-media y manifiesta presencia de tobas en algunas surgencias, como el espectacular edificio de Santa Elena de Biescas. Se conoce un caso de *termokarst*, la denominada fuente de Puyarruego, en la entrada por Añisclo al Parque Nacional de Ordesa.

Abundantes surgencias en el Pirineo kárstico se utilizan para abastecimiento de poblaciones. Sirva como ejemplo Batanes, en el valle de Lasieso, que se usa para el abastecimiento de Biescas. Canfranc, Escuaín o Aguascalas son también poblaciones que se suministran de aguas kársticas. Se embotellan aguas de este origen en Bisaurri y Vilas del Turbón. En esta última localidad se usan, además, para un balneario de agua fría.

En el Prepirineo se encuentran varios acuíferos kársticos, especialmente relacionados con las calizas de la formación Guara del Eoceno inferior. Son de menor entidad, dada la menor pluviometría. La unidad más desarrollada se encuentra en la Ribagorza oriental, en el entorno del polje de Saganta, relacionada con las lagunas de Estaña y surgencias como Font Rodona de Estopiñán. En la sierra de Guara existen otros sistemas relacionados con los campos de dolinas de Cupierlo que drenan hacia Bastarás y las diversas surgencias del Alcanadre. Algunos *troppleins* tienen cierta espectacularidad (Balaguer y Solencios de Bastarás, Santa Cilia, Morrano y Pedruel). *Vivero* y *mandraula* son términos locales para *tropplein* en Morrano y Purroy de la Solana.

Las características químicas de sus aguas son similares a las pirenaicas. Existe un termalismo moderado en los Baños de Nueno y Alquézar, así como en El Grado, Graus y Puyvert.

Manantiales como la Trinidad de Rasal, Petrolanga, Fuenmayor de San Julián de Banzo, Font Rodona de Estopiñán y otras se utilizan para abastecimiento o riego. En las calizas del Prepirineo se han perforado pozos con éxito en Nueno, San Julián de Banzo, Bierge, Olvena, Tolva, Benabarre, Saganta y Camporrells. También se han producido fracasos en Aniés y Yaso.

ACUÍFEROS DETRÍTICOS

Los acuíferos en materiales detríticos o porosos se caracterizan porque el agua circula entre partículas singulares que pueden estar parcialmente

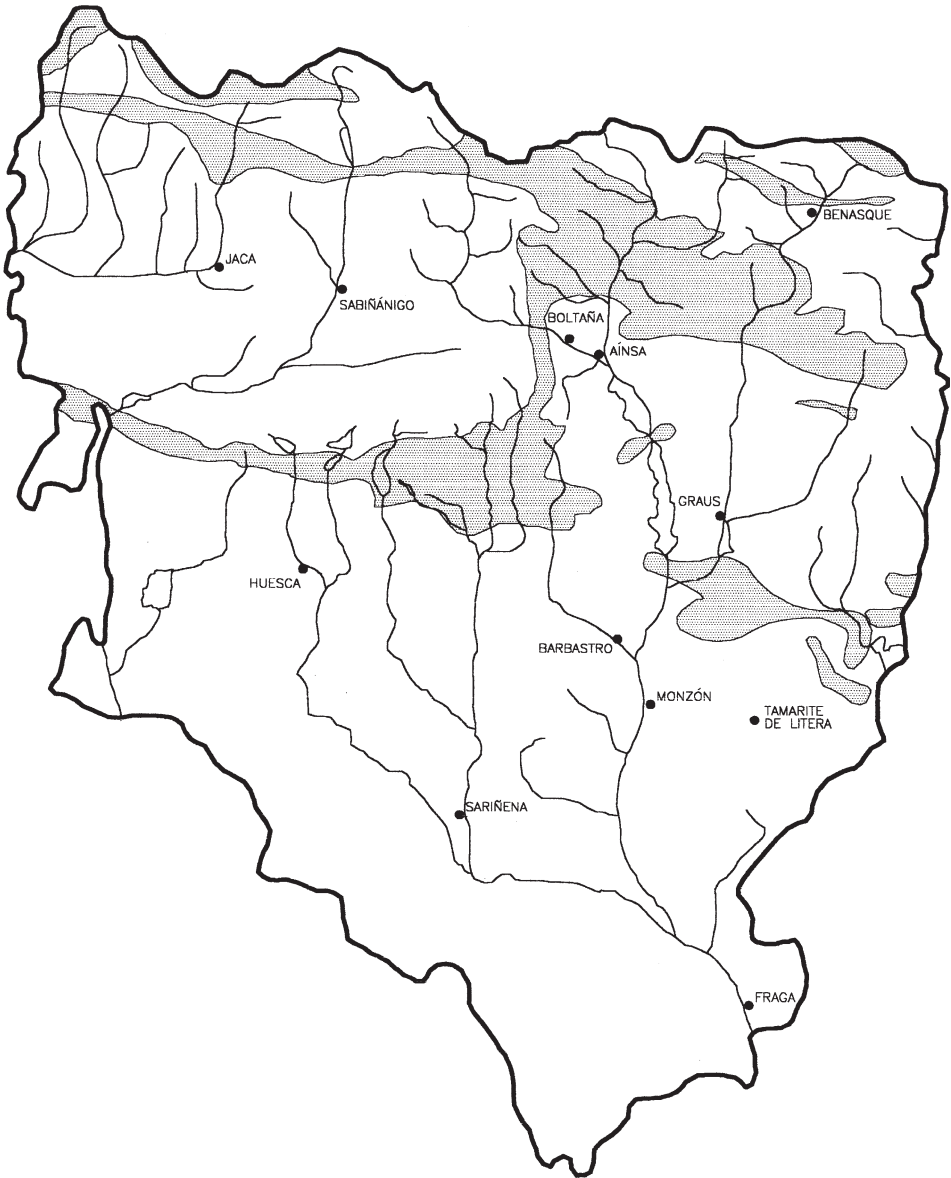


Fig. 1. Acuíferos kársticos en el Alto Aragón.

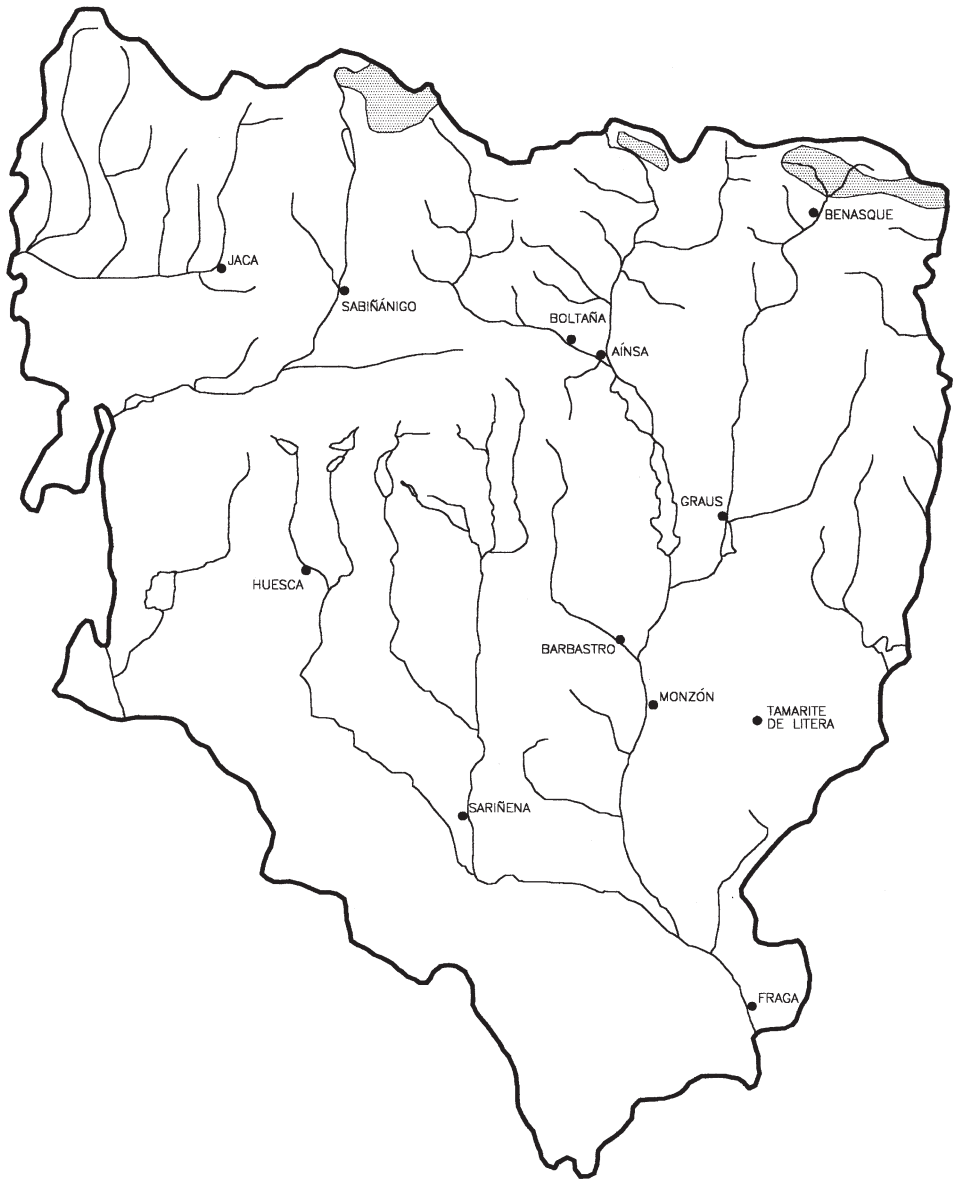


Fig. 2. Acuíferos fisurados en el Alto Aragón.

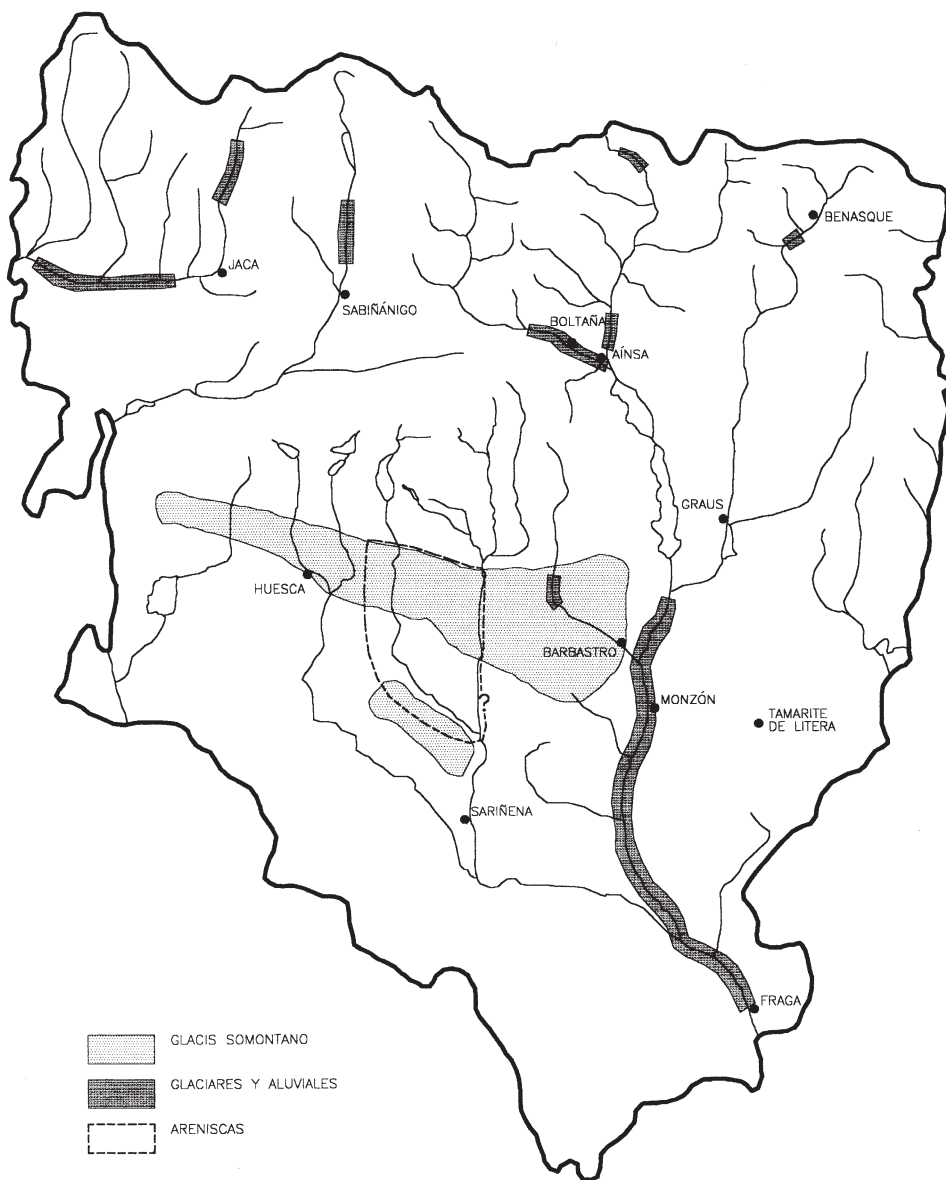


Fig. 3. Acuíferos porosos en el Alto Aragón.

cementadas. Carecen, al contrario de los acuíferos kársticos y fracturados, de conductos preferenciales de flujo.

En el Alto Aragón, los materiales geológicos que albergan estos acuíferos se pueden diferenciar entre consolidados y no consolidados, en función de su cementación. Los primeros, geológicamente recientes, son las morrenas glaciares, terrazas fluviales, glacis de tipo somontano y rellenos de vales. Los segundos son las areniscas periféricas del Mioceno del valle del Ebro.

Materiales no consolidados

1. Morrenas glaciares

En la zona pirenaica se encuentran acumulaciones de materiales detríticos derivados del flujo del hielo durante el Pleistoceno. Son materiales heterométricos, mal clasificados, que presentan grandes bloques, gravas y lentejones de arenas y arcillas. Forman morrenas finales como las de Senegüé y Castiello de Jaca o aparecen en posición lateral, elevados sobre el fondo de los grandes valles, como en el barranco de Arás, Fragen, Duáscarro, Cruz de Guardia, Gistaín, Bisaurri, Cerler y Llauset.

De mayor extensión son los rellenos de base presentes en las cabeceras de los valles pirenaicos, con espesores localmente considerables: Villanúa-Castiello en el Aragón; Biescas-Senegüé en el Gállego; Linás y Planduviar en el Ara; Castejón de Sos en el Ésera; Bono y Vilaller en el Noguera Ribagorzana.

La recarga de agua de estos materiales es directa por lluvia y fusión de nieve, así como la recarga/descarga con los ríos que los atraviesan. En algunos casos parecen recibir agua de acuíferos kársticos o fisurados sepultados bajo las morrenas.

Las morrenas finales, de poca extensión, no tienen importancia práctica. Las laterales, también de limitada extensión, presentan algunos manantiales utilizados por pequeñas localidades como Fragen o para abrevaderos de montaña (Duáscarro, Cruz de Guardia). Los materiales de fondo poseen mayores dimensiones y reservas, con niveles potenciométricos próximos a

la superficie. Como ya se ha señalado, la relación con las aguas superficiales es posiblemente muy intensa. Prácticamente no se utilizan, quizás por la existencia de otros recursos y por la dificultad de conseguir pozos productivos dada la heterogeneidad y baja estabilidad de los materiales, la profundidad irregular del sustrato rocoso y la baja conductividad hidráulica.

2. Depósitos fluviales

Las gravas fluviales constituyen el ejemplo clásico de acuífero detrítico con materiales bien clasificados, buena porosidad intergranular y alta conductividad hidráulica. Evidentemente su génesis está ligada a cursos fluviales, activos o formando terrazas. Estos depósitos se encuentran a lo largo de todos los cursos de agua, con especial desarrollo en Cinca, Noguera Ribagorzana y Gállego, aguas abajo de las sierras exteriores. Además, en las depresiones intramontañosas pueden encontrarse depósitos fluviales junto con rellenos mixtos de tipo fluvio-glacial y torrencial.

Su geometría es relativamente sencilla, con límites laterales bien definidos y la base definible, con relativa facilidad, mediante sondeos eléctricos verticales.

Forman acuíferos de tipo libre, alimentados por lluvia pero sobre todo por pérdidas de cauces naturales y de redes de riego. La relación de los situados en cauces activos con las aguas superficiales es importante dado que, durante las avenidas, las aguas superficiales recargan los acuíferos mientras que estos alimentan el caudal de base del río durante los periodos secos. Los acuíferos, topográficamente en resalte, también tienen drenaje difuso lateral, reconocibles por la presencia de freatofitas.

Sus aguas se han captado tradicionalmente mediante pozos y galerías abiertos manualmente para abastecimiento de pequeños núcleos y usos agropecuarios. Sondeos más modernos se utilizan en el abastecimiento de Ayerbe y Sabiñánigo.

Sus aguas suelen ser, en cuanto a sus características químicas naturales, de tipo bicarbonatado cálcico. Pero el intensivo uso, agropecuario y urbano, de su superficie y la alta transmisividad vertical de las gravas favorecen

la contaminación de sus aguas. Es habitual la presencia de elevados niveles de nitratos y microorganismos patógenos. Posiblemente puedan encontrarse otros contaminantes.

3. Glacis

Una parte significativa de la zona meridional de la provincia está cubierta por abanicos aluviales de tipo glacis-somontano, denominados *sasos* y *sardas*. Los depósitos suelen estar formados por gravas aluviales, de origen cercano o heredados, mal clasificados y con abundante matriz terrígena. Localmente están cementados por carbonato cálcico. El espesor total no supera habitualmente las pocas decenas de metros; pueden encontrarse paleorreliieves, especialmente paleocanales, que aumentan la potencia local del depósito. Los límites laterales son relativamente sencillos de definir.

En ellos se encuentran modestos acuíferos, recargados por parte de la precipitación que cae sobre su superficie, pérdidas de cursos superficiales y redes de riego. Generalmente son de tipo libre, con espesores saturados reducidos del orden del metro. Localmente se pueden encontrar confinados por depósitos limosos holocenos, como en Miquera. Pueden definirse decenas de unidades de este tipo, tanto en las depresiones interpirenaicas como en los somontanos y Monegros. Solo ocupan algunos centenares de hectáreas, como los de Huesca, Apiés, Loscorrales, Siétamo, Azlor, Bierge, Salas Bajas, Arcusa o Purroy de la Solana. Pero es evidente la importancia, actual o pasada, de manantiales como las fuentes de Cillas, del Ibón y del Pastor en Huesca, el Aquillán en Ibieca o la que da nombre a la monegrina Cartuja de las Fuentes. Varias de las surgencias se conocen como *ibones*, mientras que las zonas de rezume se denominan *paúles* y eran utilizadas en el pasado para pastoreo comunal de las dulas.

El trabajo en este tipo de unidades es todavía muy incompleto y posiblemente pudieran adscribirse a las mismas fuentes tan emblemáticas como la de Santa Orosia, en Yebra de Basa, y San Medardo de Benabarre.

Algunos cientos de pozos se han excavado en estas unidades, especialmente en el entorno de Huesca. La mayor parte se han realizado con exca-

vadora, hasta el inicio de las margas miocenas, localmente denominado *salagón*. Paredes y galerías horizontales se consolidan mediante tuberías de hormigón de amplio diámetro que actúan también como depósito enterrado.

Una parte de la superficie cubierta por estos materiales ha sido puesta en regadío a lo largo del presente siglo, por los canales de Aragón y Cataluña, Monegros y Cinca, con un incremento sustancial en la recarga y elevación de los niveles potenciométricos. Algunos de los efectos se detectan en la zona de Sariñena. El proceso, al menos parcialmente, parece controlado por la elevada transmisividad lateral y la construcción de drenes.

Sus aguas tienen las mismas características y problemas que las de los acuíferos de tipo fluvial.

4. Rellenos de vales monegrinas

Las vales de fondo plano monegrinas son el resultado del relleno de barrancos con perfil en uve por sedimentos finos de procedencia local. Por recarga local de una pequeña parte de las reducidas precipitaciones, se produce un flujo de agua en la base de los rellenos, manifestado en muchos casos por la presencia de tamarices y otras freatofitas.

Aunque pobres, estos recursos hidráulicos se han utilizado, en pozos de gran diámetro y galerías subterráneas, para explotaciones agropecuarias e incluso para abastecimiento de poblaciones como Castejón de Monegros.

Químicamente responden a la geoquímica de la zona central del Mioceno, el Ebro, con una conductividad media o alta, elevada dureza y facies variables que pueden llegar a ser de tipo de sulfatado-clorurado sódico.

Materiales consolidados

1. Areniscas miocenas

Consecuencia de la paleogeografía miocena del actual valle del Ebro fue la presencia de un importante abanico aluvial cuyo ápice estaba situado en la zona de Alquézar. En su zona media se produjo la acumulación de

importantes depósitos de arenas, con abundantes paleocanales, separados por niveles de arcillas. Estos materiales parcialmente litificados como formación Sariñena conforman el paisaje de una parte significativa de la provincia, desde Montearagón hasta El Tormillo. Sensibles a la erosión, conforman los cortados y montes «tubo» de Gabarda, Piracés y Alberuela de Tubo.

En estos materiales, recubiertos parcialmente por los glaciares del Somontano, se encuentra un acuífero, posiblemente multicapa. Los niveles conductivos serían los de arenas, limitados por las capas de lutitas. El límite natural por el oeste parece estar en la línea Monflorite-Albero Alto. Por el este tal vez limite con el Alcanadre, aunque pudiera prolongarse hacia el Cinca. En la recarga pueden intervenir, además de los sasos suprayacentes, posibles pérdidas, sin confirmar, del Botella y el Guatizalema.

Es posible que existan niveles confinados, a la vista de los artesianismos detectados en Monflorite y Callén. Se han perforado algunas decenas de sondeos por rotoperforación, del orden de un centenar de metros, en Novales, Sesa y Blecua. La productividad es limitada, con descensos de varias decenas de metros del nivel potenciométrico para tiempos cortos y bombeos de unos pocos litros por segundo. Los rendimientos sostenibles no parecen adecuados para riegos de tipo extensivo, pero pueden sostener explotaciones pecuarias alejadas de las redes de riego o urbanas.

Las aguas tienen una mineralización débil-media, de tipo bicarbonatado cálcico.

La presencia de arenas no consolidadas, en sondeos a testigo continuo, en las cercanías del repetidor de Piracés plantea la posibilidad de que la cementación de las areniscas sea solo superficial, como resultado de la precipitación del carbonato cálcico por efecto directo de la evaporación en afloramientos difusos.

2. Yesos monegrinos

En las plataformas yesíferas del centro del valle del Ebro, a caballo entre Bujaraloz y Candanos, existe una unidad compleja asociada a las

lagunas endorreicas monegrinas. Aflorada inicialmente en pozos manuales, se ha obtenido más información por sondeos realizados con motivo de los trabajos previos de los regadíos de Monegros II.

La recarga puede ser local, aunque se ha planteado la hipótesis de un origen pirenaico. El barranco de La Valcuerna actúa como dren.

Son aguas con rasgos de salmueras, de tipo sulfatado y clorurado sódico, con conductividades superiores a las del agua de mar.

ACUITARDOS

El resto de las unidades geológicas del Alto Aragón pueden considerarse como acuitardos, en sentido genérico. Entre ellas se hallan los niveles lutíticos del Paleozoico, las arcillas del Keuper y del Garum, las margas grises, el *flysch* y las areniscas del Eoceno, las margas rojas de Olsón y los conglomerados oligocenos, así como las arcillas del Mioceno.

A pesar de una baja permeabilidad general, localmente pueden almacenar y conducir agua. Se exponen a continuación algunos ejemplos.

Evaporitas, arcillas y calizas del Trías

Asociados a los diversos diapiros y afloramientos del Keuper, existen manantiales salados. Algunos han sido utilizados para beneficio de sal y aparecen toponímicamente reflejados por la franja central de la provincia desde Salinas de Jaca, Nueno, Vadiello, Chasa de Rodellar, Naval, Salinas de Hoz y de Trillo, Estada, Aguinaliu, Juseu, Estaña y Camporrells.

Existe muy poca información sobre estos acuíferos, donde posiblemente los elementos conductivos sean las calizas grises tableadas del *Muschelkalk*. Los caudales son modestos.

Las aguas tienen facies sulfato-clorurado sódica, con mineralización media a elevada. Se utilizan para obtención de sal en Naval y Peralta de la Sal. También se han usado con fines terapéuticos en los balnearios de Estadilla y Camporrells. Las aguas de Naval presentan un ligero termalismo.

Conglomerados prepirenaicos

Aunque los conglomerados prepirenaicos calizos pueden también karsificarse, en el Alto Aragón solo actúan como conductos finales de sistemas desarrollados en calizas, como Solencio de Bastarás. En general son impermeables, aunque conducen algo de agua y producen los rezumes de las ermitas de San Julián de Lierta, San Martín de la Val d'Onsera y San Cosme y San Damián.

Otras manifestaciones de menor interés

Surcadas por numerosas cárcavas, las margas grises del Eoceno forman las depresiones intrapirenaicas más importantes, desde la Canal de Berdún hasta Campo y Roda de Isábena. Aunque se pueden considerar como impermeables, es posible detectar pequeños flujos de agua a través de algunas de las fracturas que las cortan.

En la confluencia del Aurín con el Gállego, algunos pozos de unas pocas decenas de metros permiten considerar la existencia de un acuífero de características y extensión desconocidas. Es posible que sea recargado por la red local de riego.

En el Ésera, entre Graus y Morillo de Liena, existen fuentes de cierta entidad, como la que surge en el barranco de San Martín de Caballera y abastece a Santaliestra.

Salvo en este último caso, estas aguas no tienen importancia práctica. En el pasado tuvieron un uso terapéutico en los balnearios de Arro y Tiermas, fuente de Matamoros (Senegüé) y Baños de Assoveral.

Pueden ser aguas reducidas, con olor a sulfhídrico debido a la presencia de materia orgánica y sulfatos en las margas. La salinidad es variable; pueden calificarse como salmueras en algunos rezumes.

Ligeramente más reciente, el *flysch* Eoceno forma las suaves sierras, desde Ansó a Jánovas, en la transición desde las murallas calcáreas pirenaicas hasta las canales margosas. Este material se caracteriza por una alternancia decimétrica de materiales duros y blandos, así como por sus com-

plicados pliegues de pequeña escala. Algo de agua circula por estos materiales, formando rezumes que fueron terapéuticamente utilizados en la Ribera de Fiscal, por la presencia de azufre de origen bacteriano.

Por último, pueden señalarse las modestas manifestaciones hídras en la formación Campodarbe (fuentes del Monrepós, Bonés y Molino Escartín), en las margas y areniscas de la Fm. Belsué (Fuendediós de Lecina, Fuente de Pila en Rodellar, Fuente de Otín, etc.) y el Estefano Pérmico pirenaico. En estos casos el flujo de agua se realiza a favor de capas de areniscas.

CONCLUSIONES

Es evidente que la riqueza hidrogeológica del Alto Aragón es comparable a sus valores biológicos, paisajísticos y de patrimonio cultural. A pesar de ello y del evidente interés práctico, el grado de conocimiento de estas unidades se puede calificar de francamente bajo.

AGRADECIMIENTOS

El presente artículo resume las observaciones efectuadas en campo a lo largo de un dilatado periodo de tiempo. Parte de ello ha sido realizada en trabajos de investigación financiados por el Instituto de Estudios Altoaragoneses, la Diputación Provincial de Huesca y la Universidad de Zaragoza. También ha colaborado un amplio número de profesores y alumnos de la Escuela Universitaria de Huesca. Por último, el conocimiento del territorio no hubiera sido posible sin los programas deportivos y la compañía y experiencia de los montañeros de Peña Guara.