

INVESTIGACIONES SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA PROVINCIA DE JAÉN REALIZADAS POR LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

J. Benavente Herrera⁽¹⁾ y J. J. Cruz San Julián⁽²⁾

⁽¹⁾Titular de Universidad

⁽²⁾Catedrático de Universidad

Instituto del Agua de la Universidad de Granada

C/Ramón y Cajal, 4 (Edificio "Fray Luis de Granada"), 18071 Granada

RESUMEN

Probablemente la primera aportación de la Universidad granadina al conocimiento hidrogeológico de la provincia de Jaén consistió en la formación de técnicos que participaron brillantemente en los trabajos pioneros de FAO-IGME sobre la cuenca del Guadalquivir a finales de los años sesenta del siglo XX. Datos de las aguas termales jiennenses fueron ya publicados en 1975, formando parte de una investigación del Sur de España que cristalizó, entre otros resultados, en una Tesis Doctoral sobre el tema, presentada en la Universidad de Bilbao en 1978. Hasta entonces, la información hidrogeológica estaba a menudo contenida en Tesis de Licenciatura que, en su mayoría, tenían un marcado enfoque geológico-regional o en otros trabajos, incluida una Tesis Doctoral, consagrados a estudios de Morfología e Hidrología kárstica. La creación del "Grupo de Trabajo de Hidrogeología" en 1978 y poco después del "Departamento de Hidrogeología" supuso una intensificación en la investigación hidrogeológica, en forma de trabajos monográficos y de Tesis de Licenciatura que, en la provincia de Jaén, se ocuparon sobre todo en temas de Hidrogeología kárstica y de aguas termales y minerales. En esta misma época se desarrolló una investigación infraestructural de ámbito regional en los sistemas 30 y 31, que logró una primera sistematización de las unidades hidrogeológicas de naturaleza carbonática. En el marco del Plan Andaluz de Investigación de 1987 se constituyó el "Grupo de Recursos Hídricos", que realizó una investigación sobre los acuíferos carbonatados de las Sierras de Cazorla y Segura, en la que, además de las técnicas más convencionales, se llevó a cabo un detallado control pluviométrico y foronómico, se aplicaron métodos de análisis estadístico de series temporales y se hicieron estudios isotópicos. En 1990 se creó el Instituto del Agua, en cuyo seno se investiga actualmente la notable incidencia hidrogeológica del abandono de las labores mineras en el distrito de Linares.

Palabras clave: *Jaén, Universidad de Granada, hidrogeología regional, hidrogeología kárstica, morfología kárstica, aguas termales, hidrología isotópica, evaluación de recursos hídricos, hidrogeología minera, atlas hidrogeológicos.*

INTRODUCCIÓN : UNA BREVE REFERENCIA HISTÓRICA

Es necesario puntualizar, en primer lugar, que, como se indica en el título, el ámbito universitario al que se refiere esta ponencia se ciñe, casi exclusivamente, a la Institución granadina, en cuyo seno los dos autores han desarrollado sus trabajos de investigación durante más de treinta años. La única interrupción en dicha dedicación ha sido la derivada del paso de uno de ellos (J.J.C.S.) por la Universidad del País Vasco entre 1978 y 1986; y, aún así, dicha interrupción fue sólo relativa, como lo prueba el hecho de que en ese período intervino, entre otros trabajos relativos a Andalucía, en la elaboración de una Tesis

Doctoral en aquella Universidad (Granda-Secades, 1978), que más adelante se comenta, sobre las aguas termales del Sur de España, en la que obviamente se incluyen datos de la provincia de Jaén.

No obstante, en esta labor deben ser incluidas también las aportaciones realizadas en los últimos años por miembros de la Universidad de Jaén, creada recientemente a partir de una Institución previa —el Colegio Universitario— que formaba parte del distrito granadino, lo mismo que las actuales Universidades de Málaga y Almería.

En todo caso, no parece injustificado subrayar el papel en este campo de la Universidad de Granada, en cuanto que, junto con Madrid y Barcelona, fue, en los primeros años de la década de los sesenta del pasado siglo, una de las pioneras de España en incluir en la Licenciatura en Ciencias Geológicas la docencia de “Hidrogeología” y otras disciplinas conexas (“Geología Aplicada”, etc.). Naturalmente, esta labor docente no tardó en dar sus frutos y ya en los —también pioneros— estudios hidrogeológicos de la Cuenca del Guadalquivir de FAO-IGME, iniciados a finales de la década de los sesenta, participaron titulados de la Universidad granadina, a uno de los cuales, Manuel del Valle Cardenete, particularmente brillante y tristemente desaparecido hace sólo unos días, queremos desde estas páginas rendirle un emocionado y más que merecido homenaje. También podría ser citado, como un antecedente relativamente lejano, el hecho de que los primeros datos acerca de las aguas termales de la provincia de Jaén fueron incluidos en un estudio del Sur de España publicado en 1975 en el Boletín Geológico y Minero, con la participación de uno de los firmantes del presente trabajo (Cruz-Sanjulián y García-Rossell, 1975).

Tras su incorporación a la Universidad de Granada, el Prof. Fernández-Rubio constituyó en 1978 el “Grupo de Trabajo de Hidrogeología”, en cuyo seno se llevó a cabo una intensa labor de investigación, cristalizada, en lo que concierne a la provincia de Jaén, en dos Tesis de Licenciatura a las que más adelante se hace referencia. Por otra parte, el mencionado Profesor realizaba labores de asesoramiento a una serie de Entidades públicas y privadas involucradas en la gestión o el aprovechamiento de aguas subterráneas (IGME, SGOP, INC-IRYDA, etc.), de modo que en esta faceta profesional, de la que se obtenían fondos que parcialmente contribuían a las labores de investigación, también se incluían sectores de la provincia de Jaén (es el caso, por ejemplo, del asesoramiento a determinadas explotaciones mineras de Linares para la planificación de su drenaje: Fernández-Rubio, com. pers.). Algunos años después, a comienzos de los ochenta, se creó en la Facultad de Ciencias el Departamento de Hidrogeología, que se integró más tarde en el actual Departamento de Geodinámica, constituido en 1986 en aplicación de las nuevas disposiciones de la Ley de Reforma Universitaria.

Por otra parte, en la Universidad de Granada el interés en la investigación de determinados aspectos relativos a las aguas subterráneas, como es el caso concreto de la Morfología e Hidrología kárstica, no ha sido exclusivo de la Sección de Geología de la Facultad de Ciencias sino que, ya desde los años setenta, existen aportaciones al respecto como resultado de la labor de miembros de la entonces denominada Facultad de Filosofía y Letras (especialidad de Geografía Física) o de la colaboración entre investigadores de ambos Centros.

Más recientemente, con el desarrollo de la investigación universitaria, el estudio de las aguas subterráneas o de algunos aspectos parciales más o menos directamente relacionados se convirtieron en el objeto de atención de especialistas de muy diversa formación. De hecho, el Plan Andaluz de Investigación, puesto en marcha por la Junta de Andalucía en 1987, como un instrumento de coordinación de la investigación científica y el desarrollo tecnológico, promovió la constitución de “Grupos de Investigación”, entendidos como los elementos básicos de la estructura organizativa de la investigación en la Comunidad Autónoma. De los Grupos constituidos en ese marco, es obvio que el “Grupo de Recursos

Hídricos”, al que pertenecen los dos firmantes de este trabajo, es el más directamente implicado en las investigaciones hidrogeológicas en la Universidad de Granada. Pero la existencia en esta última de otros Grupos involucrados en la investigación de diferentes aspectos relativos al agua (Ecología, Microbiología, Química, Ingeniería, Legislación, etc.) aconsejó la creación de un Centro en el que pudieran integrarse y colaborar tales equipos, dispersos hasta entonces en Facultades y Departamentos muy diversos. Con este objetivo se creó en 1990 el Instituto del Agua de la Universidad de Granada, que tiene encomendada la investigación y también la docencia especializada y de tercer ciclo en este campo.

TRABAJOS MONOGRÁFICOS, TESIS DE LICENCIATURA Y TESIS DOCTORALES

Hasta que a comienzos de los años noventa el sustancial incremento en el número de alumnos de Hidrogeología, junto a otras consideraciones, lo hizo imposible, la docencia de esta disciplina llevaba aparejada la realización por parte de los alumnos, bajo la dirección y supervisión del Profesorado, de un trabajo monográfico. Estos trabajos se referían a áreas geográficas de extensión reducida y constituían un primer escalón en la labor investigadora puesto que, de hecho, muchos de ellos se ampliaban posteriormente para dar lugar a Tesis de Licenciatura. No obstante, la localización de las áreas a estudiar estaba fuertemente influida por la necesaria economía de medios, lo que dio lugar a que fueran mucho más frecuentes los que se realizaban en las proximidades de Granada. Aun así, algunos se refieren a la provincia de Jaén; entre ellos pueden citarse a título de ejemplo, varios que se llevaron a cabo en las proximidades de la capital provincial, como los de J. Benavente, en 1997, en el sector de Puerto Alto-Grajales, situado a una decena de kilómetros al sur de la ciudad de Jaén, y, en años posteriores, los de A. Calvache, en el Cerro de San Cristóbal, junto a La Guardia de Jaén e inmediatamente al norte del sector antes mencionado, y M.L. Calvache, al sur de la Sierra de Jabalcuz-La Grana, junto a Los Villares. Estos trabajos monográficos no se relacionan en el apartado de bibliografía, por no haber constancia de que existan ejemplares accesibles aparte de los originales en poder del profesor de la asignatura (R. Fernández-Rubio).

En lo que se refiere a Tesis de Licenciatura, o “tesinas”, es preciso diferenciar dos épocas. En una primera época, en la que las Tesis de Licenciatura eran obligatorias, predominaban los trabajos con un marcado enfoque geológico-regional, aunque en tales trabajos se recogía a menudo alguna información acerca de las características hidrogeológicas de los sectores estudiados y de los puntos de agua existentes, incluidos datos foronómicos e hidroquímicos, usualmente obtenidos en las fichas de inventario del “Proyecto del Guadalquivir” de FAO-IGME. Ejemplos de este tipo son una serie de Tesis de Licenciatura relativas a varios sectores del macizo de Sierra Mágina y áreas adyacentes y dirigidas en todos los casos por el Prof. L. García-Rossell. Estos trabajos aportaron las primeras interpretaciones acerca del origen de la descarga en determinados manantiales significativos, tales como el del Cortijo de Villanueva, en Cambil (Robles, 1970) o el que alimentaba el gran estanque conocido como “La Charca” de Pegalajar (Pujalte, 1970) .

Pertenecen a una segunda etapa las Tesis de Licenciatura que tratan temas hidrogeológicos de manera exclusiva o mayoritaria. La primera de ellas se titulaba “Investigaciones hidrogeológicas en la Sierra de Jaén” (Benavente, 1978). Su autor es precisamente uno de los firmantes de este trabajo (J.B.H.), que aplicó a un pequeño macizo carbonático, situado en las cercanías de la capital de la provincia, las técnicas de investigación propias de acuíferos kársticos, como el control diario de la descarga del manantial de La Peña, el análisis de la curva de agotamiento y el estudio de las relaciones lluvia-caudal y del funcionamiento de los “trop-pleins” existentes en las inmediaciones del citado manantial. Este fue un trabajo pionero en tanto que incluía el análisis estadístico de la fracturación a partir de fotos aéreas y de datos de campo, con el objetivo de alcanzar resultados similares a los de las investigaciones que por entonces realizaban, aunque con

una mayor disponibilidad de medios, L. Kiraly (Neuchâtel, Suiza) y J.L. Grillot (Montpellier, Francia); posteriormente se aplicó una metodología similar a otros sistemas kársticos andaluces (Serranía de Ronda, Sierra Gorda de Loja, etc.). La Tesis de Licenciatura incluía también la evaluación de los recursos hídricos de los diferentes acuíferos estudiados y el análisis del condicionamiento hidrogeológico del Balneario de Jabalruz y sectores adyacentes. Algunos resultados de estos trabajos de investigación fueron presentados en congresos nacionales de Hidrogeología (Pamplona, 1979, y Palma de Mallorca, 1987) y de Espeleología (Sabadell, 1980); otros fueron publicados en la revista "Tecniterrae" (Benavente *et al.*, 1979; Benavente y Pulido, 1979; Benavente *et al.*, 1980; Benavente, 1980; Calvache y Benavente, 1987).

La segunda Tesis de Licenciatura trató de "Las aguas salinas del Keuper en las cuencas de los ríos Guadajoz y Guadiana Menor (provincias de Córdoba, Granada y Jaén)" (Sanz de Galdeano, 1983). En este trabajo se trataba de caracterizar, a partir de la interpretación de datos hidroquímicos, los enclaves con anomalías de salinidad imputables a la presencia de rocas evaporíticas triásicas. Es digno de mencionar que el carácter novedoso de este trabajo residía en que los análisis y consiguientes interpretaciones incluían la consideración de numerosos constituyentes minoritarios y traza.

Claramente separada de las anteriores en el tiempo, la Tesis de Licenciatura de Moral Martos (1992), sobre la Unidad del Espino (Sierra de Segura, Jaén), fue elaborada en el marco de un Proyecto de Investigación realizado para el IGME en los años 1988-1990, al que se hará una referencia detallada en un próximo epígrafe. La Unidad del Espino es un macizo carbonático, cuya estructura corresponde a un sinclinal colgado sobre el que se ha desarrollado una morfología de relieve invertido. En estas condiciones, el acuífero es recargado exclusivamente por la precipitación, que era medida en un pluviógrafo instalado al efecto, y la descarga se realiza por una única surgencia significativa, que fue equipada con una estación de aforo, con control de caudales en continuo. Con los datos obtenidos se logró establecer de un modo muy preciso el balance hídrico de los materiales permeables.

No existe constancia de que se haya realizado en la Universidad de Granada ninguna Tesis Doctoral consagrada específicamente a las aguas subterráneas de la provincia de Jaén. No obstante, en indudable relación con este tema, M. Pezzi presentó su Tesis Doctoral sobre la "Morfología kárstica de la Zona Subbética", publicada en un número monográfico de la revista "Cuadernos de Geografía de la Universidad de Granada" (Pezzi, 1975); un capítulo importante de este estudio es el referido a la Sierra Mágina, en la provincia de Jaén, algunos de cuyos datos hidrológicos y geomorfológicos habían sido publicados previamente en la misma revista, en colaboración con L. García-Rossell (García-Rossell y Pezzi, 1975). Por otra parte, J.M. Granda, de la Universidad del País Vasco, había iniciado en los años setenta una Tesis Doctoral titulada "Estudio geoquímico de las aguas termales de España meridional", en estrecha colaboración con J. Cruz-San Julián y L. García-Rossell, de la Universidad de Granada (este último en calidad de codirector de dicha investigación), que por entonces trabajaban sobre el mismo tema; la incorporación de J. Cruz San Julián a aquella Universidad en el curso 1977-1978 dio lugar a que se intensificara a partir de ese momento su participación en las últimas etapas de la investigación y en la preparación del texto definitivo, que fue presentado en 1978 (Granda-Secades, 1978); en él se recogen datos de una docena de manantiales jiennenses, entre los que se incluyen los de Marmolejo, Jabalruz, Canena, Villacarrillo, Jamilena, Martos, Bedmar y Quesada.

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Quizá la primera contribución importante (por la magnitud de la superficie investigada) de la Universidad de Granada al conocimiento de las aguas subterráneas de la provincia de Jaén se produjo en 1982, como

resultado del acuerdo entre la Empresa IBERGESA y el Prof. Fernández-Rubio y colaboradores para la realización del Proyecto del IGME titulado "Investigación hidrogeológica estructural de los sistemas acuíferos 30 y 31. Cuenca alta del Guadalquivir". Dicho Proyecto se circunscribía a los acuíferos carbonáticos y comprendía parte de las provincias de Jaén, Granada y Córdoba. En la mayor parte de la provincia de Jaén la responsabilidad del trabajo recayó en J. Benavente, que se ocupó de la extensa zona comprendida aproximadamente entre los ríos San Juan y Jandulilla; el otro importante conjunto de afloramientos carbonáticos de la provincia, integrado por las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas, no se incluía en dicho Proyecto. Esta investigación supuso un gran avance en la sistematización de las unidades hidrogeológicas implicadas y en la implantación de una red de control hidrométrico en manantiales que, con escasas modificaciones, se ha venido manteniendo, con mayor o menor periodicidad, hasta el momento presente; de hecho, las denominaciones, los límites y el esbozo de funcionamiento de la mayoría de las unidades hidrogeológicas se establecieron en este trabajo y siguen siendo aceptadas en la actualidad y utilizadas en documentos básicos tales como los Planes Hidrológicos (de Cuenca y Nacional) y los Atlas Hidrogeológicos (de la provincia de Jaén y de la Comunidad Autónoma de Andalucía: DPJ-ITGE, 1997 y JA-ITGE, 1998, respectivamente) a los que se hará alusión con más detalle en el apartado 5.

La segunda contribución significativa (tanto por la extensión del área de estudio como por las metodologías de investigación utilizadas) de la Universidad de Granada al conocimiento hidrogeológico de la provincia de Jaén consistió en el desarrollo para el IGME, entre los años 1988 y 1990, del Proyecto titulado "Investigación de los acuíferos carbonatados de las Sierras de Cazorla y Segura" (Cruz-Sanjulián *et al.*, 1990). Este Proyecto fue realizado por un grupo de investigadores pertenecientes al "Grupo de Recursos Hídricos" (J. Benavente, F. Moral y J. C. Martínez Garrido), dirigido por el Prof. J. Cruz San Julián, a la sazón Catedrático de Hidrogeología de esta Universidad, tras el traslado del Prof. R. Fernández-Rubio a la Universidad Politécnica de Madrid. El objetivo general de este estudio era la definición de unidades hidrogeológicas y la evaluación de recursos hídricos subterráneos, es decir, algo parecido a lo realizado anteriormente en los sistemas 30 y 31; además se planteó como objetivo particular el estudio detallado del funcionamiento de los acuíferos carbonáticos.

El área a investigar presentaba unas características que hacían el estudio muy interesante, tanto desde el punto de vista aplicado como desde la óptica estrictamente científica. Por una parte, se trata de un amplio sector que puede considerarse estratégico en lo que se refiere a la gestión de los recursos hídricos, por estar situado en las cabeceras de las cuencas del Guadalquivir y del Segura y por corresponder a una zona con pluviosidad relativamente alta en un ámbito regional netamente más árido. Por otra parte, en el área estudiada está representada una variada tipología de materiales carbonáticos (calizas, dolomías, calcarenitas, etc.) y en ella pueden distinguirse claramente dos sectores atendiendo al estilo estructural: en el sector occidental los acuíferos están asociados preferentemente a estructuras sinclinales colgadas, sobre las que se desarrollan con frecuencia relieves invertidos (sector de los ríos Madera-Tus), mientras en el sector oriental predominan las estructuras del tipo pliegue-falla (sector de los ríos Frío-Taibilla).

La investigación programada incluyó una primera fase de trabajos de campo que supuso un enorme esfuerzo, derivado de la necesidad de realizar el inventario de puntos de agua y la revisión —y, en parte, elaboración— de la cartografía geológica en áreas muchas veces de muy difícil acceso y cuya visita requería recorrer grandes distancias. Además se puso un gran interés en la caracterización hidrométrica y físico-química de las aguas subterráneas basada en medidas "in situ" de numerosas variables. Por otra parte, la interpretación de las a menudo complejas relaciones entre los acuíferos y los cursos superficiales obligó a llevar a cabo numerosos aforos diferenciales en diversos tramos de los principales ríos del área. Quizá merece ser subrayada especialmente la labor destinada al control en continuo de la precipi-

tación y del caudal de varios manantiales; para ello hubo que diseñar y construir estaciones de aforo en los puntos seleccionados (La Natividad, La Canal, El Espino), que fueron equipadas con el instrumental adecuado (limnógrafos, data-logger, etc.), al tiempo que se instalaron también varios pluviómetros. Esta infraestructura permitió aplicar métodos de análisis estadístico de series temporales (análisis correlatorio y espectral, etc.), que aportaron una valiosa información.

Algunos resultados parciales de este Proyecto (Martínez-Garrido *et al.*, 1991; Moral-Martos *et al.*, 1992) fueron presentados al III Simposio del Agua en Andalucía (Córdoba) y al V Simposio Nacional de Hidrogeología (Alicante). Por otra parte, como ya se ha mencionado en un epígrafe anterior, el estudio detallado de la unidad de El Espino constituyó la Tesis de Licenciatura de F.Moral Martos (Moral-Martos, 1992).

Otro aspecto reseñable es que, en el marco de este Proyecto, habida cuenta el carácter montañoso del área y la complejidad de algunos de los sistemas estudiados, se juzgó de interés analizar el contenido en isótopos estables (Deuterio y Oxígeno-18) del agua de lluvia y de las aguas superficiales y subterráneas. Los datos obtenidos, que se complementaron con los procedentes de otras zonas de investigación situadas más al Sur (Sierra de Baza, en Granada, y Sierras de Gádor y Níjar, en Almería), fueron esenciales para definir las áreas de recarga y la dinámica hidrogeológica de los acuíferos correspondientes. Los resultados del estudio isotópico del sector de Cazorla-Segura (Cruz-Sanjulián *et al.*, 1990) se presentaron al XXII Congreso de la International Association of Hydrogeologists ("Water Resources in Mountainous Regions", Lausana, Suiza). También se publicó en la revista "Tellus", en 1992, un trabajo más amplio (Cruz-Sanjulián *et al.*, 1992), relativo al conjunto del SE peninsular, en el que se sintetizaron las principales conclusiones derivadas de los estudios isotópicos realizados en todas las áreas antes citadas.

INVESTIGACIONES EN CURSO

Los trabajos correspondientes a una nueva aportación importante de la Universidad de Granada —con la colaboración de la de Jaén en este caso— al conocimiento de las aguas subterráneas en el ámbito provincial comenzaron en 1998 y prosiguen en la actualidad. Se trata de un Proyecto del Plan Nacional de I+D, dentro del Programa de Recursos Hídricos de la DGICYT (referencia HID98-0983). El principal objetivo es analizar la movilidad de contaminantes metálicos en el distrito minero de Linares tras el cambio en el uso mayoritario de las aguas subterráneas bombeadas, desde labores de drenaje minero hasta su empleo en agricultura (riego de olivar, fundamentalmente).

En efecto, en el caso del enclave metalogénico filoniano del batolito de Linares, asociado con el cual existen importantes mineralizaciones de sulfuros metálicos, cuya explotación cesó completamente hace pocos años tras siglos de actividad, fue necesario evacuar importantes cantidades de agua para que el laboreo pudiese progresar. Con la clausura progresiva de las diferentes concesiones y el cese de los bombeos, los niveles piezométricos en el distrito de Linares comenzaron a recuperarse de modo espontáneo, inundando buena parte del conjunto minero. En los últimos años, según se ha dicho, se han instalado bombas para extraer el agua de estos antiguos pozos de mina con fines agrícolas. La investigación también comprende parte de los materiales que rodean al mencionado batolito: rellenos neógenos de las fosas de Linares y Bailén. El estudio se ha hecho extensivo asimismo a las aguas superficiales (principales cauces, charcas y áreas inundables) y a los principales tipos de suelos del área, con especial atención a las escombreras resultantes de la actividad extractiva del mineral y de su tratamiento.

En el desarrollo de este Proyecto se está contando con una muy activa colaboración por parte del IGME, que es un "Ente Promotor-Observador" del mismo. Esta circunstancia es objeto de un comentario deta-

llado en otra contribución ("póster") dentro de las presentes Jornadas y no procede, pues, extenderse aquí. Baste decir que, entre otras actividades, se ha diseñado una red de control hidrométrico, piezométrico e hidroquímico, en la cual se llevan a cabo mensualmente medidas de diferentes variables hidrológicas.

En función de los resultados obtenidos, se ha juzgado de interés solicitar al Plan Nacional de I+D+I (2000-2003) de la DGICYT la continuación de los trabajos en curso y la ampliación del área de estudio al adyacente distrito minero abandonado de La Carolina-El Centenillo. En esta nueva fase de la investigación se pretende, además, experimentar sistemas de bajo coste de descontaminación de suelos y de aguas. En el Proyecto propuesto, además de participantes pertenecientes a las universidades de Granada (Instituto del Agua) y Jaén (Departamento de Geología) y de la Oficina Regional de Proyectos de Granada del IGME, están implicados investigadores del CSIC y del Departamento de Ingeniería química de la Universidad de Málaga

PUBLICACIONES SINTÉTICAS SOBRE LA HIDROGEOLOGÍA DE LA PROVINCIA DE JAÉN

Los resultados de la investigación hidrogeológica universitaria se plasman en documentos de diferente naturaleza : además de los que podrían catalogarse de convencionales (artículos en revistas y comunicaciones a Congresos, ya sea de la especialidad o de carácter más general, etc.), existen otros en los que la información es a menudo recogida en informes inéditos por su carácter privado, Memorias y planos de difusión restringida incluidos en Tesis o Proyectos de investigación, etc. Tales datos, junto a otros de diversa procedencia, han sido recogidos en varias publicaciones de síntesis relativas a la Hidrogeología de la provincia de Jaén.

En primer lugar, el Instituto Tecnológico Geominero de España ha publicado hojas del Mapa Hidrogeológico de España, a escala 1:200.000, cada una de las cuales incluye la cartografía hidrogeológica y la Memoria explicativa correspondiente. La información contenida en las hojas ya editadas cubre la práctica totalidad de la superficie provincial, con la única excepción de su extremo noroeste (ITGE, 1994 y 1995).

El mismo Organismo, con la colaboración de la Diputación provincial, editó en 1997 el "Atlas Hidrogeológico de la provincia de Jaén" (Diputación Provincial de Jaén e Instituto Tecnológico Geominero de España, 1997). Esta obra incluye, además del Mapa Hidrogeológico de la provincia (a escala 1: 200.000), la descripción de las unidades hidrogeológicas más importantes, acompañadas de mapas detallados en formato DIN A-3, y otra información de interés hidrogeológico del conjunto de la provincia.

Finalmente, con formato y estructura similares a los del anterior, la Junta de Andalucía, también en colaboración con el Instituto Tecnológico Geominero de España, editó en 1998 el "Atlas Hidrogeológico de Andalucía" (a escala 1: 400.000), que incluye, entre la de las demás provincias de la Comunidad Autónoma, la información hidrogeológica relativa a la provincia de Jaén (Instituto Tecnológico Geominero de España y Junta de Andalucía, 1998).

Agradecimientos

Nuestro reconocimiento a los organizadores de estas Jornadas por la confianza depositada al encargarnos la presente contribución. Trabajo realizado en el marco del Proyecto HID98-0983 de la DGICYT.

REFERENCIAS

- Benavente, J. 1978. Investigaciones hidrogeológicas en la Sierra de Jaén. Tesis Licenciatura Univ. Granada (inédita). 144 pp.
- Benavente, J. 1980. Un ejemplo de análisis estadístico de la fracturación en un macizo kárstico. *Tecniterrae*, 37, 51-65.
- Benavente, J y Pulido, A. 1979. Sobre el origen de los manantiales termominerales de Jabalruz (Jaén). *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, v. V, 569-588.
- Benavente, J.; Fernández-Rubio, R. y Pulido, A. 1979. Contribución al conocimiento hidrogeológico de la Sierra de Jaén. *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, v. IV, 167-188.
- Benavente, J.; Fernández-G. del Alamo, R.; Fernández-Rubio, R. y Pulido, A. 1980. Algunas consideraciones metodológicas para el estudio de la fracturación en acuíferos kársticos. *Actas Espeleológicas*, M-1, 19-54.
- Calvache, M.L. y Benavente, J. 1987. Análisis de la fracturación y del funcionamiento hidrogeológico en el sistema de Jabalruz-La grana (provincia de Jaén). *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, v. XII, 385-396
- Cruz-Sanjulián, J.; Benavente, J.; Cardenal, J.; Hidalgo, M.C.; García-López, S.; Martínez-Garrido, J.C.; Moral, F.; Olías, M.; Araguás, L. & Rozanski, K. 1992. Sources of precipitation over the South Eastern Spain and its contribution to groundwater recharge. An isotopic study. *Tellus*, Vol. 44 B : 3, 226-236
- Cruz-Sanjulián, J.; Benavente, J.; Martínez-Garrido, J.C.; Moral, F.; Araguás, L. Y López-Vera, F. 1990. Deuterium and Oxygen-18 content in karstic aquifers in the Sierras de Cazorla and Segura (Betic Cordillera, Spain). *Memoires of the 22nd Congress of the International Association of Hydrogeologists*, Lausanne, vol. XXII, 425-433
- Cruz-Sanjulián, J.; Benavente, J.; Moral-Martos, F. y Martínez-Garrido, J.C. 1990. Investigación de acuíferos carbonatados (Sierras de Cazorla y Segura). Memoria inédita, Universidad de Granada-Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 216 pp. y Anexos, dact.
- Cruz-Sanjulián, J. y García Rossell, L. 1975. Termalismo en España meridional. *Bol. Geol. Min.*, T. LXXXVI-II, 179-186
- Diputación Provincial de Jaén e Instituto Tecnológico Geominero de España (Ed.). 1997. Atlas hidrogeológico de la provincia de Jaén, 175 pp. y Anexos
- García-Rossell, L. Y Pezzi, M. 1975. Un karst mediterráneo supraforestal en Sierra Mágina (Jaén). *Condicionamientos geológicos y geomorfológicos*. Cuadernos de Geografía de la Universidad de Granada, Serie Monografías, 1, 19-57
- Granda-Secades, J.M. 1978. Estudio geoquímico de aguas termales de España meridional. Tesis Doctoral, Univ. Bilbao, Fac. Ciencias, 263 pp., dact.
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España. 1994. Mapa Hidrogeológico de España a escala 1:200.000. Hoja 77 (Jaén).
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España. 1995. Mapa Hidrogeológico de España a escala 1:200.000. Hoja 71 (Villacarrillo).
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España y Junta de Andalucía (Ed.). 1998. Atlas hidrogeológico de Andalucía., 216 pp. y Anexos.
- Martínez-Garrido, J.C.; Moral, F.; Cruz-Sanjulián, J.; Benavente, J.; Rubio, J.C. y López-Geta, J.A. 1991. Caracterización hidrogeológica de los acuíferos carbonatados de la Sierra de Cazorla (Jaén). III Simposio sobre el Agua en Andalucía, Córdoba, 499-511
- Moral-Martos, F. 1992. Estudio hidrogeológico de la Unidad del Espino (Sierra de Segura, Jaén). Tesis de Licenciatura, Univ. Granada, Fac. Ciencias, 126 pp., dact.
- Moral-Martos, F.; Cruz-Sanjulián, J.; Benavente, J. y Aragón-Rueda, R. 1992. Unidades hidrogeológicas de la cuenca alta del río Segura. *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, v. XV, 191-205
- Pezzi, M. 1975. Morfología kárstica del sector central de la cordillera subbética. Cuadernos de Geografía de la Universidad de Granada, Serie Monografías, 2, 289 pp.
- Pujalte, V. 1970. *Estudio geológico de una zona situada al sur de Pegalajar (Jaén)*. Tesis Licenciatura Univ. Granada (inédita), 114 pp.
- Robles, M. S. 1970. *Estudio geológico del sector Sierra del Almadén-Cambil*. Tesis Licenciatura Univ. Granada (inédita), 112 pp.
- Sanz de Galdeano, J.M. 1983. *Las aguas salinas del Keuper en las cuencas de los ríos Guadajoz y Guadiana Menor*. Tesis Licenciatura Univ. Granada, 324 pp.