

LA INVESTIGACIÓN DE ACUÍFEROS CONTAMINADOS: PERSPECTIVA DESDE LA UNIVERSIDAD EN GENERAL Y DESDE LA INSTITUCIÓN GRANADINA EN PARTICULAR

J. Benavente Herrera

Profesor Titular de Universidad. Instituto del Agua de la Universidad de Granada.

RESUMEN

En esta contribución – tras pasar una breve revista a los principales rasgos de la contaminación de los acuíferos y de las medidas generales para su control - se comentan, en primer lugar, las particularidades metodológicas que, de manera general, requiere la investigación de dicho tema: consideración de procesos hidrogeoquímicos, modelización más compleja y necesidad de tener en cuenta la zona no saturada, entre otros. En segundo lugar, se analizan las circunstancias que, en relación con dicha investigación, pueden considerarse como más favorables en tanto que se realicen desde el ámbito universitario, como, por ejemplo: buenas condiciones para selección del personal apropiado y para su formación continuada; facilidad de establecer contactos con otros centros y de conocer ejemplos en el extranjero; circunstancias apropiadas para constituir equipos pluridisciplinarios y para realizar la mayor parte de las etapas usuales en estos estudios. Por último, se describe la estructura que la Universidad de Granada dispone para la investigación (Departamentos, Grupos de Investigación, Institutos) y se pasa revista a los principales trabajos (Tesis Doctorales) llevados a cabo en relación con la investigación de la calidad de las aguas subterráneas y de la contaminación de acuíferos.

Palabras clave: *hidroquímica y contaminación de acuíferos, investigación, institución universitaria, Universidad de Granada, tesis doctorales, proyectos, cursos.*

INTRODUCCIÓN

Según el programa previsto, en la Mesa Redonda sobre "investigación de acuíferos contaminados", organizada en el marco de las Jornadas, están representados los tres organismos públicos con mayor actividad en dicha temática: Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y Universidad. Dentro del ámbito universitario está programada la presencia de representantes de las instituciones de Jaén, Granada (caso del firmante) y Politécnica de Cataluña. Los tres organismos citados tienen muchos aspectos en común, especialmente en el caso del CSIC y las universidades, por lo que cabe suponer que las opiniones de los participantes en la Mesa Redonda sobre el tema que nos concita no han de discrepar de manera significativa. No obstante, cada uno de estos organismos presenta peculiaridades en sus funciones o en su estructura. Así, expresado de manera simple, en el caso del CSIC la dedicación a la investigación es prácticamente exclusiva, mientras que la Universidad debe compartir dicha dedicación con las labores docentes; el IGME, por el contrario, debe compatibilizar la investigación con tareas de asesoramiento y apoyo técnico a otros organismos públicos (Ayuntamientos, Diputaciones, Organismos de Cuenca, etc.), además de la responsabilidad particular en ciertas circunstancias (aguas minerales, por ejemplo).

De acuerdo con lo expuesto en las líneas precedentes, en los apartados siguientes se comentarán brevemente, en primer lugar, las particularidades metodológicas o de conocimientos específicos que, de manera general, requiere la investigación de la contaminación de acuíferos. En segundo lugar, se analizarán las circunstancias que, en relación con dicha investigación y según la experiencia del autor, pueden considerarse como más favorables en tanto que se realicen desde el ámbito universitario frente a, por ejemplo, los estudios al respecto llevados a cabo por consultoras privadas. Por último, se describirá la estructura que la Universidad de Granada dispone para la investigación y se pasará una breve revista a los principales trabajos llevados a cabo en relación con la investigación de la calidad de las aguas subterráneas y de la contaminación de acuíferos.

RASGOS GENERALES SOBRE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SU INVESTIGACIÓN

La protección de la calidad de los recursos hídricos es un objetivo fundamental dentro del ordenamiento jurídico del Estado español (Ley de Aguas). Existen, asimismo, numerosas Directivas comunitarias al respecto que ya han sido incorporadas a dicho ordenamiento o están pendientes de serlo en un plazo más o menos breve. En el ámbito europeo, la relativa aridez del clima e irregularidad pluviométrica de buena parte de España confieren un especial interés a la protección de la calidad de las aguas subterráneas. Esto se debe, por una parte, a que los acuíferos constituyen la única fuente natural de abastecimiento disponible de manera permanente en muchos de los sectores más áridos, como es el caso del Sureste peninsular y algunas zonas insulares. Por otra parte, son soporte básico de ecosistemas acuáticos – las zonas palustres o humedales -que en muchos casos constituyen espacios protegidos por la legislación autonómica o estatal, cuando no por convenios internacionales.

Además de las consideraciones anteriores, no hay que olvidar la relación estrecha que existe frecuentemente entre acuíferos y ríos. Así, las aguas superficiales que circulan por cauces ganadores pueden resultar contaminadas a partir de los acuíferos que drenan. Recíprocamente, las aguas de los ríos – receptoras tradicionales de vertidos de aguas residuales, en muchos casos sin tratar o con tratamientos elementales o inadecuados - pueden contaminar acuíferos cuando circulan por cauces perdedores.

Existen numerosas actuaciones – no todas contempladas expresamente aún por la legislación vigente - encaminadas a la protección de las aguas subterráneas frente a la contaminación de tipo localizado o difuso a distintos niveles operativos. Pueden citarse, entre otros, el inventario y diseño correcto de actividades potencialmente contaminantes (vertederos y balsas de lixiviados, tanques enterrados, por ejemplo), la catalogación de acuíferos a efectos de vulnerabilidad frente a la contaminación, los estudios de evaluación de impacto ambiental, las medidas de protección de zonas de recarga, la declaración de acuíferos sobreexplotados, los perímetros de protección de captaciones, así como el desarrollo de normativas respetuosas con el medio ambiente para, por ejemplo, la construcción y el abandono de pozos, la aplicación al terreno de fertilizantes o pesticidas o el riego con aguas residuales. A todo esto debe añadirse el necesario control de la calidad de las aguas subterráneas mediante redes de observación y/o de alarma.

No obstante lo anterior, como señala Sahuquillo (1999), aunque el planteamiento legislativo respecto a la protección de las aguas subterráneas parece correcto, no ha ido acompañado por la definición de objetivos claros, la elaboración de programas de actuación precisa ni por la dotación adecuada de medios humanos y financiación suficiente. Ello hace concluir a dicho autor que ni en la Administración Pública ni

en la ciudadanía española ha existido la preocupación sobre el tema que existe en otros países occidentales. También advierte que, salvo para el caso de los nitratos, el número de estudios publicados sobre contaminantes en las aguas subterráneas es pequeño, aunque esta situación no es exclusiva de España. Una causa posible que apunta el mencionado especialista, sobre todo para casos de contaminación puntual, es que aunque los estudios existan, en muchos casos han sido realizados por empresas consultoras bajo condiciones de confidencialidad. Lo que no considera probable el citado autor es que en España los acuíferos estén mucho menos contaminados que los de los países de nuestro entorno socioeconómico. A este respecto, el Libro Blanco del Agua en España (MIMAM, 1999) considera "importante recordar que la información relativa a problemas de contaminación de las aguas subterráneas procedente de determinadas fuentes de tipo puntual (depósitos enterrados, gasolineras, fugas de alcantarillado, vías de comunicación, etc.) es inexistente o muy dispersa y difícilmente accesible". Dicha fuente admite que "sólo una investigación rigurosa podrá discernir sobre la gravedad y extensión de los problemas detectados hasta la fecha en el deterioro de la calidad de los recursos subterráneos", pero reconoce que "el elevado coste de mejorar el conocimiento sobre este tipo de problemas parece ser en ocasiones disuasorio".

Las consideraciones vertidas en el párrafo anterior no hacen entrever un panorama demasiado optimista para el problema de la protección de los acuíferos frente a la contaminación. Máxime cuando es de esperar que una proporción, tal vez elevada, de los episodios contaminantes producidos no se hayan puesto todavía de manifiesto en manantiales, captaciones o redes de control, debido a la lenta movilización de los agentes contaminantes a través de las diferentes zonas de las formaciones permeables, incluyendo procesos de retardo. Estas apreciaciones, si se consideran de manera tendenciosa, pueden alimentar el "hidromito" comentado por el Profesor M. R. Llamas Madurga en numerosas publicaciones, que establece, poco más o menos, que "el destino final de cualquier captación de aguas subterráneas es o secarse o contaminarse". Esta concepción parcial ha podido sustentar el que en ocasiones se hayan propugnado o adoptado acciones tendentes a sustituir el aprovechamiento de acuíferos supuestamente contaminados por otras fuentes de agua, sin estudiar suficientemente alternativas al respecto, lo que en la práctica equivale a permitir que se agrave la posible contaminación, como señala Sahuquillo (1999) para el caso del acuífero de la Plana de Valencia.

Para finalizar estas consideraciones generales sobre la protección de las aguas subterráneas, pueden retenerse las siguientes ideas al respecto (Vrba, 1994):

- Las medidas de prevención son siempre menos caras (y preferibles) a las de descontaminación, técnicamente difíciles y de cuya eficiencia hay pocos ejemplos.
- La protección de los sistemas acuíferos no es una acción aislada, sino un programa a largo plazo basado en la investigación, la cartografía, el control, la modelización y la caracterización de los impactos humanos en las aguas subterráneas.
- No todos los acuíferos necesitan el mismo nivel de protección, en función de su diferente importancia y vulnerabilidad.
- La protección de los acuíferos debe respetar la función ecológica del agua subterránea así como los condicionantes externos de tipo económico, social, técnico, cultural e histórico del ámbito geográfico en que se localizan.
- La protección del agua subterránea debe tratarse conjuntamente con la explotación de los acuíferos, compartiendo criterios, como parte de un plan de gestión de los recursos hídricos.

En cuanto al aspecto metodológico de la investigación de la contaminación de los acuíferos — y, en general, de la protección de la calidad las aguas subterráneas— hay que subrayar sus peculiaridades respecto

a los estudios hidrogeológicos “clásicos” centrada en estudiar el flujo o cuantificar recursos hídricos. Normalmente la escala de trabajo requiere un mayor detalle, como mayor también es el número de parámetros hidrogeológicos a considerar. Exige un conocimiento suficiente de los procesos hidrogeoquímicos (reacciones de diferentes tipos, efectos de sorción e intercambio iónico, entre otros) y biológicos, así como de los diferentes tipos de modelos aplicables para reproducir tales procesos. La modelización del transporte de solutos reviste, en general, mayor complejidad que la del flujo, especialmente si se contemplan diferencias de densidad entre fluidos. Además, en este tipo de estudios el conocimiento de la zona no saturada exige una atención especial.

No obstante las dificultades que se acaban de relacionar resumidamente, la investigación de la contaminación de las aguas subterráneas registra un gran impulso en los últimos diez años. Esto se manifiesta por el incremento en artículos de esa temática en las revistas especializadas de mayor relevancia. También por la aparición de nuevas publicaciones de alto nivel científico y tecnológico relacionadas con esos temas y metodologías de investigación. Igualmente son cada vez más frecuentes los cursos de especialización o de reciclaje al respecto.

ALGUNAS PARTICULARIDADES DE LA INVESTIGACIÓN DESDE LA UNIVERSIDAD

Si se compara la investigación sobre contaminación de acuíferos realizada desde las instituciones universitarias (en el siguiente apartado se presentarán tales instituciones para el caso de la Universidad de Granada) con la que puede llevarse a cabo desde consultoras privadas se encuentran ciertas singularidades. Aunque no todas estas particularidades constituyen ventajas, la valoración general resulta positiva. Algunas de las principales singularidades ventajosas se comentarán brevemente a continuación.

La universidad presenta unas condiciones excelentes para la selección de personal con la formación de base apropiada para la labor investigadora. El responsable de la investigación, profesor en este caso, dispone ya de una idea acerca de la capacidad y conocimientos básicos del candidato. A este respecto, los graduados con mejores expedientes – en general o en asignaturas relacionadas con el tema de trabajo – suelen ser requeridos como becarios o contratados para desarrollar las investigaciones.

Las instituciones universitarias suelen ofrecer las mejores condiciones para el reciclaje de conocimientos y el aprendizaje de nuevas metodologías, aspecto de gran importancia en la temática que nos ocupa, según ya ha sido apuntado en el apartado 2. A este respecto, buena parte de los cursos de especialización que se imparten se organizan desde el ámbito universitario y suelen tener, además, validez académica (programas de Doctorado, créditos convalidables en las diferentes carreras).

La universidad constituye un marco que facilita a sus miembros el contacto con investigadores de otros países y la estancia en centros de investigación extranjeros. Esto permite que se pueda acceder “in situ” a determinadas informaciones o actuaciones relacionadas con la investigación de los acuíferos contaminados de los que no existen, o lo están de forma incompleta, descripciones publicadas.

En relación con lo expresado en el párrafo anterior y con la salvedad enunciada en el apartado precedente, la investigación universitaria suele garantizar una mayor difusión de los resultados obtenidos en revistas y reuniones científicas, lo que posibilita la discusión y el debate sobre los mismos. Obviamente, esta circunstancia es desfavorable si lo que se busca es la confidencialidad de los resultados, lo que no es positivo desde el punto de vista del progreso científico.

En la universidad los resultados de la investigación, una vez presentados (trabajos monográficos, Tesinas, Tesis y publicaciones diversas) posibilitan el desarrollo de un *curriculum* del investigador que puede significar su acceso a la carrera universitaria, si así lo desea. Es decir, en cierta medida, el investigador percibe con claridad que está trabajando para su propia promoción profesional.

Ante la frecuente situación de requerir la colaboración de diferentes especialistas (por ejemplo en hidrogeología, química, edafología o cálculo numérico), las instituciones universitarias, por su propia estructura, facilitan enormemente la consecución de tales equipos multidisciplinares, como se apuntará en el apartado siguiente para el caso concreto de la Universidad de Granada.

Las instituciones universitarias suelen ofrecer condiciones muy favorables para poder desarrollar diferentes fases de la investigación desde el mismo centro de trabajo, lo que asegura una mejor coordinación. Es el caso, por ejemplo, de la posibilidad de obtener las muestras de agua, analizarlas e interpretarlas, lo que no suele ser posible en consultoras privadas.

PERSPECTIVA DESDE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

La Universidad de Granada 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". 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 que, lógicamente, también incluía aspectos sobre calidad de las aguas subterráneas. Algunos años después, a comienzos de los ochenta, se creó en la Facultad de Ciencias el Departamento de Hidrogeología, integrado más tarde en el actual Departamento de Geodinámica, constituido en 1986 como resultado de la entrada en vigor de la Ley de Reforma Universitaria.

Durante ese periodo se presentaron en la Universidad de Granada numerosas Tesis de Licenciatura y Tesis Doctorales de Hidrogeología, con diferentes enfoques, dirigidas o codirigidas por el profesor Fernández-Rubio. Dos de las tesis doctorales trataban específicamente de aspectos hidroquímicos y de contaminación de importantes acuíferos. Una de ellas (Castillo Martín, 1986) se dedicaba al caso del acuífero de la Vega de Granada, su autor, por cierto, es uno de los miembros previstos en la Mesa Redonda a la que se dirige este texto. La otra tesis se centraba en el acuífero de la Plana de Oropesa-Torreblanca, en Castellón (Morell, 1985). En otras dos tesis se trataron también, entre otros aspectos, los de contaminación de las aguas subterráneas. Con incidencia en acuíferos kársticos de la Comunidad Valenciana (Pulido Bosch, 1979), y en los acuíferos costeros de la provincia de Granada, caso del firmante de este trabajo (Benavente, 1982).

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 – como es la contaminación de acuíferos - se convirtieron en el objeto de atención de especialistas de muy diversa formación. De hecho, el Plan Andaluz de Investigación (PAI), 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. Para entonces, el Prof. Fernández-Rubio se había trasladado a la Universidad Politécnica de Madrid y su puesto de catedrático de Hidrogeología en la de Granada había sido ocupado por el Prof. J. J. Cruz San Julián. En este periodo se presentó una Tesis

Doctoral sobre modelización matemática – basada en el programa MODFLOW - centrada al estudio de la intrusión marina, con aplicación a ejemplos de la costa granadina (Calvache, 1991), dirigida por el Prof. A. Pulido Bosch, a la sazón Profesor Titular de Geodinámica (Hidrogeología) en la Universidad de Granada.

De los Grupos constituidos en el marco del PAI, el “Grupo de Recursos Hídricos”, cuyo responsable es el Prof. Cruz San Julián, al que pertenecen tres de los miembros de la Mesa Redonda a la que se dirige este texto (A. Castillo Martín, M. C. Hidalgo Estévez y el que esto firma), es tal vez el más directamente implicado en las investigaciones hidrogeológicas en la Universidad de Granada. Originalmente, además, integraba profesores de la Universidades de Málaga y Huelva, que en la actualidad forman grupos separados.

Precisamente la existencia en la Universidad de Granada 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 y al cual pertenecen dos de los miembros de la Mesa Redonda a la que se dirige este trabajo (A. Castillo Martín y el autor de estas líneas). Otro de los Grupos radicados en el Instituto con notable actividad en estudios sobre descontaminación (desnitrificación, eliminación de metales pesados) de aguas residuales y aguas subterráneas por procedimientos biológicos de bajo coste es el “Grupo de Microbiología y Técnicas Ambientales”, MITA, cuyo responsable es el Prof. J. González López.

Con todo, los estudios hidroquímicos desarrollados o presentados públicamente en la Universidad de Granada no son exclusivos del Instituto del Agua, pues también se realizan, o son dirigidos, por otros profesores del Departamento de Geodinámica (Área de Geodinámica Externa) en la Facultad de Ciencias. Aquí puede citarse la tesis de López Chicano (1992), que aborda aspectos de hidroquímica y contaminación en el sistema kárstico de Sierra Gorda-Zafarraya (Granada). Esta tesis ha sido dirigida por el Prof. A. Pulido Bosch, en la actualidad Catedrático de Hidrogeología de la Universidad de Almería, al igual que ocurre con la de Calaforra (1996) sobre karstología de yesos, con importante enfoque hidroquímico. A continuación, y con el mismo director, se han presentado las tesis de Cerón (1997), Sánchez Martos (1997) y Molina (1998), llevadas a cabo en acuíferos de Almería (cubeta de Pulpí, río Andarax, y Campo de Dalías, respectivamente) con serios problemas de contaminación. En el último de los sectores citados existía el precedente del estudio hidroquímico que constituyó la tesis doctoral de Navarrete (1992), mientras que la tesis de Vallejos (1997) incide en el uso de la hidroquímica para caracterizar la recarga de ese importante sistema hidrogeológico. También la hidroquímica es la base de la tesis de Bouamama (2000), sobre los acuíferos carbonatados del Parque Natural de las Sierras Subbéticas (Córdoba), dirigida por el profesor M. López Chicano.

También puede darse el caso, como consecuencia de la estructuración de las enseñanzas de Tercer Ciclo (Programas de Doctorado) en esta universidad, que se presenten en centros de la misma Tesis Doctorales desarrolladas y dirigidas desde otras universidades. Es el caso, por ejemplo, de las tesis doctorales de Esteller (1994) y de Giménez Forcada (1994) sobre diferentes aspectos hidroquímicos del acuífero de la Plana de Castellón, bajo la dirección del profesor I. Morell Evangelista.

En el Instituto del Agua de la Universidad de Granada, de acuerdo con sus objetivos antes apuntados, se han desarrollado varias tesis doctorales sobre hidrogeología dirigidas por el Prof. Cruz San Julián y/o el

autor de este trabajo. De ellas pueden destacarse aquí, por incidir más específicamente en aspectos de calidad de las aguas subterráneas y/o de contaminación de acuíferos, la de Hidalgo (1993) -otra de los miembros de la Mesa Redonda, según se ha citado repetidamente- en el acuífero de Baza-Caniles (Granada), la de El Amrani (1997) sobre el acuífero del delta del Adra (Almería) y la de García Aróstegui (1998) sobre el acuífero aluvial del río Vélez (Málaga). En los tres casos se trata de acuíferos con problemas de calidad derivados básicamente de prácticas agrícolas de diferente tipo; en el del río Vélez, además, existen evidencias de intrusión marina. Estas tesis doctorales incluyen datos analíticos más completos que las citadas previamente, con información sobre contenidos en constituyentes traza (metales pesados, pesticidas) y emplean técnicas de modelización hidrogeoquímica y, en el caso del río Vélez, de simulación matemática del flujo y de alternativas de gestión de los recursos hídricos de la cuenca. En este caso, y en trabajos similares desarrollados previamente en el acuífero del río Verde de Almuñécar (Granada), se desarrollaron modelos matemáticos de flujo con límites abiertos, mejor adaptados a los bordes costeros. Para esta fase del trabajo fue imprescindible la participación del Dr. A. Padilla Benítez, incluido en el Grupo de Investigación a partir de un Contrato de Reincorporación desde centros extranjeros.

También relacionada con el estudio de la calidad de las aguas subterráneas es la tesis doctoral de Almécija (1997). En este caso, sin embargo, el término contaminación debe matizarse, pues el trabajo versa, entre otros aspectos, sobre la influencia de salmueras naturales - producidas por disolución de materiales evaporíticos y/o por evaporación en lagos salados - en las características hidroquímicas de los acuíferos de la comarca de Antequera (Málaga). En relación más o menos directa con este tema se habían presentado otras dos tesis previas, ambas codirigidas por el autor de este trabajo. Una trataba sobre la hidrogeoquímica de la cuenca alta del río Guadalhorce, con especial atención a la tipificación de los numerosos manantiales salinos que allí aparecen y a la evaluación de su influencia en la calidad de las aguas del embalse de Guadalhorce-Guadalteba (Carrasco, 1986). La otra se centraba en la hidrogeología y la hidroquímica de la cuenca de la laguna de Fuente de Piedra (Linares, 1990).

En general, las tesis presentadas han incidido más en la aplicación de métodos hidrogeoquímicos al conocimiento de ciertos acuíferos que a problemas de contaminación en sentido estricto. Es el caso, particularmente, de los acuíferos carbonatados alpujárrides (provincias de Almería, Granada y Málaga) que constituyen elevaciones montañosas con escasa influencia de actividades humanas: Cardenal (1993), García López (1996) y Andreo (1996). En este último caso, la tesis, aunque presentada en la Universidad de Granada, se llevó a cabo bajo la dirección del profesor F. Carrasco Cantos (Universidad de Málaga).

La Tesis Doctoral de Olías (1995), que también tiene una importante componente de estudio hidroquímico, tiene como ámbito el Parque Nacional de Doñana. La principal particularidad a destacar es la importancia que se concede en dicho trabajo al estudio del flujo y de las características físico-químicas del agua en la zona no saturada, una de las características, como se apuntó en el apartado 2, que resultan más novedosas en las investigaciones sobre contaminación de acuíferos.

En cuanto a los cursos de especialización y postgrado, el Instituto del Agua es responsable en la actualidad del Programa de Doctorado titulado "Análisis, Gestión, Uso y Tratamiento de Aguas" (AGUYTA), donde hay cursos específicos sobre hidroquímica y calidad de las aguas subterráneas. Previamente el Instituto fue la sede de las enseñanzas del primer Master sobre "Ciencias y Tecnologías del Medio Ambiente", germen, a su vez, de la actual Licenciatura en Ciencias Ambientales de la Universidad de Granada. También se han impartido en el Instituto del Agua en los últimos años cursos de varios meses de duración sobre "Análisis de Aguas y Tratamiento e Interpretación de datos Hidrológicos". Asimismo, en el marco del Programa Erasmus-Socrates de la CE, se ha organizado desde el Instituto un curso de

dos semanas titulado "Groundwater Contamination and Remediation", con alumnos y profesores de varias universidades europeas. Miembros del Instituto tienen una presencia regular como organizadores o conferenciantes en cursos de verano (Centro Mediterráneo) de la Universidad de Granada en diferentes sedes (Lanjarón y Motril) en relación con el tema de la calidad de las aguas subterráneas. También se han organizado cursos con temática más o menos análoga en la Universidad Internacional de Andalucía (sede de Baeza) y en la Universidad Menéndez y Pelayo de Santander.

Finalmente, en la actualidad son varios los proyectos de investigación que se están llevando a cabo desde el Instituto del Agua en relación con temas de calidad de las aguas subterráneas y enfoques metodológicos diversos. Por ejemplo, el estudio de la eutrofización en las Albuferas de Adra (Proyecto Europeo LIFE y Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía) guarda relación con la contaminación agrícola del acuífero con el que están hidráulicamente conectadas esas lagunas litorales. Debe destacarse aquí, por implicar también a la Universidad de Jaén y al IGME y por estar centrado en el entorno de Linares, instituciones que organizan estas Jornadas y ciudad donde se desarrollan las mismas, la investigación sobre la calidad de las aguas que ocupan las antiguas minas de esta comarca y que en el momento presente sustentan el riego de nuevas superficies regadas de olivar. Es un estudio, del que el firmante es el Investigador Principal, cuyos resultados parciales han sido objeto de comentarios en otras aportaciones a esta Mesa Redonda (M. C. Hidalgo Estévez) y en otras secciones de las presentes Jornadas. Su continuación se ha solicitado en el marco del Plan Nacional de I+D+I, haciéndolo extensivo al área adyacente de la Carolina-El Centenillo e incluyendo experiencias de regeneración de suelos y de recursos hídricos contaminados. Los participantes previstos pertenecen a las Universidades de Granada (Instituto del Agua), Jaén (Departamento de Geología), Málaga (Departamento de Ingeniería Química), CSIC y oficina de Proyectos del IGME en Granada.

Agradecimientos

Trabajo realizado en el marco del Proyecto HID98-0983 de la DGICYT. El autor agradece a los organizadores de las Jornadas la invitación a exponer sus opiniones en la Mesa Redonda a que se refiere esta contribución. También al Dr. J. C. Rubio Campos, del IGME, su revisión del original.

REFERENCIAS

Nota previa: La mayoría de las citas que siguen corresponden a tesis de doctorado de la Universidad de Granada. Se ha optado por incluir en casi todos los casos la versión correspondiente a la presentación original de las mismas, aunque algunas de ellas han sido objeto posteriormente de edición y han modificado, de forma más o menos apreciable, sus títulos.

- Almécija, C. 1997. Estudio hidrológico e hidroquímico de los sistemas lagunares del norte de la provincia de Málaga. Tesis Doctoral Univ. Granada (inérita). 518 pp.
- Andreo, B. 1996. Estudio hidrogeológico de los mármoles alpujárrides de las sierras Blanca y Mijas (Málaga). Contribución al conocimiento de los acuíferos carbonatados del Sur de España. Tesis Doctoral Univ. Granada (inérita). 492 pp.
- Benavente, J. 1982. Contribución al conocimiento hidrogeológico de los acuíferos costeros de la provincia de Granada. Tesis Doctoral Univ. Granada (inérita). 435 pp.
- Bouamama, M. 2000. Aportación de la hidrogeoquímica al conocimiento de los sistemas hidrogeológicos kársticos del Sur de Córdoba (Parque natural de las Sierras Subbéticas). Tesis Doctoral Univ. Granada (inérita). 308 pp.
- Calaforra, J. M. 1996. Contribución al conocimiento de la karstología de yesos. Tesis Doctoral Univ. Granada (inérita). 350 pp.

- Calvache, M. L. 1991. Simulación matemática del contacto agua dulce-agua salada en algunos acuíferos de la Costa del Sol. Tesis Doctoral Univ. Granada (inédita). 317 pp.
- Cardenal, J. 1993. Hidrogeología del sector Sierra de Lújar-Albuñol (Granada). Contribución de la hidrogeoquímica al estudio de acuíferos carbonatados fisurados en áreas montañosas. Tesis Doctoral Univ. Granada (inédita). 402 pp.
- Carrasco, F. 1986. Contribución al conocimiento de la cuenca alta del río Guadalhorce: el medio físico; hidrogeoquímica. Tesis Doctoral Univ. Granada (inédita). 435 pp.
- Castillo Martín, C. 1986. Estudio hidroquímico del acuífero de la vega de Granada. Tesis Doctoral, coedición Univ. Granada-IGME. 658 pp.
- Cerón, J. C. 1995. Estudio hidrogeoquímico del acuífero del Alto Guadalentín. Tesis Doctoral Univ. Granada (inédita). 268 pp.
- El Amrani, N. 1997. Caracterización y modelización hidrogeoquímicas en el acuífero del delta del río Adra (Andalucía, España). Tesis Doctoral Univ. Granada (inédita). 292 pp.
- Esteller, M. V. 1994. Consideraciones sobre el aprovechamiento de recursos hídricos en la Plana de Castellón. Utilización de aguas residuales para riego. Tesis Doctoral Univ. Granada (inédita). 446 pp.
- García Aróstegui, J. L. 1998. Estudio hidrogeológico y modelización del acuífero de los ríos Vélez y Benamargosa (Málaga). Tesis Doctoral Univ. Granada (inédita). 377 pp (memoria) y 388 pp (anexos).
- García López, S. 1996. Los acuíferos carbonatados alpujarrides al SE de Sierra Nevada. Hidrodinámica, hidrología isotópica y cartografía de las aguas subterráneas. Tesis Doctoral Univ. Granada (inédita). 492 pp.
- Giménez Forcada, E. 1994. Características hidrogeoquímicas de los procesos de salinización en el acuífero detrítico costero de la Plana de Castellón. Tesis Doctoral Univ. Granada (inédita). 389 pp.
- Hidalgo, M. C. 1993. Estudio hidroquímico del acuífero de Baza-caniles (provincia de Granada). Tesis Doctoral Univ. Granada (inédita). 377 pp.
- Linares, L. 1990. Hidrogeología de la laguna de Fuente de Piedra (Málaga). Tesis Doctoral Univ. Granada (inédita). 343 pp.
- López Chicano, M. 1992. Contribución al conocimiento del sistema hidrogeológico kárstico de Sierra Gorda y su entorno (Granada y Málaga). Tesis Doctoral Univ. Granada (inédita). 429 pp.
- MIMAM. 1999. Libro Blanco del Agua en España.
- Molina Sánchez, L. 1998. Hidroquímica e intrusión marina en el Campo de Dalías (Almería). Tesis Doctoral Univ. Granada (inédita). 340 pp.
- Navarrete, F. 1992. Contribución al conocimiento hidrogeoquímico del Campo de Dalías. Tesis Doctoral Univ. Granada (inédita). 435 pp.
- Olías, M. 1995. Evaluación de la recarga y comportamiento de la zona no saturada en el acuífero Almonte-marismas (Huelva). Tesis Doctoral Univ. Granada (inédita). 242 pp.
- Pulido Bosch, A. 1979. Contribución al conocimiento de la hidrogeología del Prebético Nororiental (provincias de Valencia y Alicante). Tesis Doctoral Univ. Granada. Ed. Serv. Publ. Min. Industria y Energía, 95. 410 pp.
- Sahuquillo, A. 1999. La calidad y contaminación de las aguas subterráneas. Boletín Geológico y Minero, 110(4), 437-450.
- Sánchez Martos, F. 1997. Estudio hidrogeoquímico del Bajo Andarax (Almería). Tesis Doctoral Univ. Granada (inédita). 290 pp.
- Vallejos, A. 1997. Caracterización hidrogeoquímica de la recarga de los acuíferos del Campo de Dalías a partir de la Sierra de Gádor. Tesis Doctoral Univ. Granada (inédita). 279 pp.
- Vrba, J. 1994. Ground Water Protection Strategy, Policy and Management. En: Rebollo, L. (ed.) Análisis y evolución de la calidad de las aguas subterráneas en España, II, 363-384.