

V. NOTAS ACADÉMICAS

CRÓNICA BIBLIOGRÁFICA

La importancia y el estudio de las aguas subterráneas en España: aprovechamiento, problemática y situación actual a modo de crónica bibliográfica

Cristina BARRENO SAULEDA *

Las aguas subterráneas han sido utilizadas por el hombre desde su presencia en la tierra, sin embargo, su origen es poco conocido y en muchas ocasiones ha dado lugar a leyendas y mitos que con el paso del tiempo han llegado a convertirse en tradiciones en algunos puntos de la geografía española. Dejando estos aspectos a un lado que, en principio, no son objeto de estudio de esta crónica, las aguas subterráneas gozan de una gran importancia en el análisis científico en nuestros días y no es extraño si pensamos que en la actualidad las aguas subterráneas en España abastecen a un tercio de la población, que supone trece millones de personas aproximadamente, sin contar a los casi sesenta millones de turistas que visitan nuestro país anualmente.

Cerca de los 4.800 hm³ de agua que se extraen de los acuíferos se dedican al regadío (que según los datos disponibles, generan más puestos de trabajo y más riqueza que los regadíos con aguas superficiales, a pesar de que la superficie de estos suponga más del doble de la superficie regada con aguas subterráneas), y casi 1200 hm³ se destinan a usos urbanos e industriales. Por lo tanto el volumen de agua extraída anualmente en España se sitúa en torno a los 6.000 hm³.

El estudio de las aguas subterráneas puede llevarse a cabo desde diversos puntos de referencia: las aguas subterráneas como recurso, aprovechamiento, contaminación, captación, distribución, calidad, sobreexplotación, políticas, planificación, salinización, emplazamientos, control, abastecimientos, recarga artificial... etc. Su estudio es, por tanto, interdisciplinar, ya que ha sido y es analizado y estudiado por varias ciencias tales como Geología, Física, Química, Geografía, Ciencias Ambientales, Medicina ó Ingenierías.

El aprovechamiento de las aguas subterráneas ha sido, en las últimas tres décadas, progresivo e intenso y esto ha despertado aún más el interés científico en este tema. Basta con buscar bibliografía relacionada con las aguas subterráneas para comprobar el gran volumen de libros, artículos y revistas publicadas, sin olvidar otros documentos de formato digital como CD – ROM. Aunque la mayoría de los registros encontrados pertenecen a los tres últimos decenios del siglo pasado, existen también aportaciones anteriores, como *Les eaux souterraines: recherche captage et purification*, de Chalon, publicación de 1913, *La recherche des eaux souterraines*,

* Análisis e interpretación del Medio Ambiente en España. Doctorado Dpto. Análisis Geográfico Regional y Geografía Física.

obra de Pali de 1932, y posteriormente *Hydraulique souterraine* de Schneebeli de 1966, *Hydrogéologie* y *Les eaux souterraines* de Schoeller, de 1959 y 1962 respectivamente. Todos ellos con un denominador común: son publicaciones francesas. En cuanto a publicaciones españolas destaca D. M. Ramón Llamas Madurga, director del proyecto Aguas Subterráneas de la Fundación Marcelino Botín y autor de *El agua subterránea como recurso económico-ecológico y como agente geológico*, *Las aguas subterráneas en la política hidráulica española*, ambas de los años 80, y otras recientes como *El uso sostenible de las aguas subterráneas* de 2000, ó *Aguas Subterráneas: retos y oportunidades*, de 2001 junto a otros autores. También es imprescindible citar a D. Emilio Custodio, director general del Instituto Geológico y Minero de España, con artículos como *Datación de aguas subterráneas en el delta del río Llobregat* de 1969, *Recarga artificial de acuíferos* de 1986, y libros como *Groundwater problems in coastal area*, de 1987 ó *Hidrología subterránea y La evaluación de la recarga a los acuíferos en la planificación hidrológica* de 1983 y 1997 respectivamente, ambos junto a D. Ramón Llamas Madurga.

Son también de gran importancia los numerosos congresos nacionales e internacionales que se han realizado en torno a este tema, sirva como ejemplo: «XXth Congress of the IAH: Hydrogeology for the development; XXe Congress de la AIH: Hydrogéologie pour le développement; XX Congresso dell'AIH Idrogeologia pier lo sviluppo», de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos, celebrado en Roma en abril de 1987; «Jornadas Técnicas sobre Aguas Subterráneas y Abastecimiento Urbano», organizadas por el Club del Agua Subterránea del Instituto Tecnológico Geominero de España, en Madrid, «Curso Internacional sobre Geoquímica y Contaminación de las Aguas Subterráneas», celebrado en junio de 1981 en Madrid, «Congresso Brasileiro de Águas Subterráneas», de la Associação Brasileira de Águas Subterráneas, que tuvo lugar en Brasilia, en noviembre de 1986, «Las aguas subterráneas : importancia y perspectivas», jornadas organizadas por el Instituto Tecnológico Geominero de España y por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, en 1993 en Madrid, ó «Jornadas sobre el Libro Blanco de las Aguas Subterráneas», 1995 en Madrid, entre otros.

Es destacable también las tesis relacionadas con las aguas subterráneas, entre las que se encuentran, entre otras, algunas leídas en la Universidad Complutense de Madrid (Iglesias López 1978, Marcos Cuadrado 1980, Miguez Marín 1980, Castaño Castaño 1985, Hidalgo Moreno 1986, Bustamante Gutiérrez 1987, Rodríguez García 1998, Hernández García 2000).

Existen también numerosas direcciones de Internet entre las que se encuentran: Instituto Geológico y Minero de España: Biblioteca y Centro de Documentación www.igme.es, Ministerio de Ciencia y Tecnología www.mcyt.es, Ministerio de Medio Ambiente www.mma.es, AIH – Grupo Español <http://caminos.udc.es/grupos/hg/aih-ge.htm>, Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea (FCIHS) www.fcihis.org, Fundación Marcelino Botín Proyecto Aguas Subterráneas www.fundacionmbotin.org, Environmental Protection Agency www.epa.gov, y Ground Water Protection Council www.gwpc.org.

Pero después de haber analizado la bibliografía disponible, es indispensable hacer una pequeña síntesis sobre las aguas subterráneas, comenzando en primer lugar por su definición, en principio es algo simple: «es el agua existente bajo la superficie del terreno», este agua subterránea se desplaza lentamente por los acuíferos, que son «aquellas formaciones geológicas capaces de almacenar y transmitir el agua a través de ella en cantidades significativas, de modo que pueda extraerse mediante obras de captación». Según D. Bernardo López-Camacho y Camacho «puede afirmarse que en España hemos heredado dos sistemas fundamentales de aprovechamiento de aguas, el romano, basado en la derivación de aguas superficiales o el aprovechamiento de manantiales por medio de grandes obras públicas, y el árabe, basado en la captación de aguas del subsuelo por medio de minas o galerías y pozos».

Para exponer los principales problemas en el uso de las aguas subterráneas en España cito de nuevo a D. Bernardo López-Camacho y Camacho, ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, quien en «Aspectos históricos relacionados con la gestión de las aguas subterráneas en España: de los mayas árabes al Plan Hidrológico Nacional» (1999), hace un pequeño resumen de dichos problemas, que son: la salinización de acuíferos costeros, la afección de zonas húmedas, la sobreexplotación de acuíferos y la contaminación de las aguas subterráneas. La explotación intensa de los acuíferos puede originar la penetración de tierra en el agua marina empeorando por tanto la calidad del agua extraída, las explotaciones del arco mediterráneo cuyas extracciones van destinadas a la agricultura, núcleos urbanos y zonas turísticas han provocado problemas de intrusión marina en mayor o menor grado. Importantes pérdidas de las superficies de humedales tienen su origen en la explotación de las aguas subterráneas, como las marismas del Guadalquivir, o la cuenca del Guadiana. La sobreexplotación de acuíferos es uno de los mayores daños medioambientales de la utilización de las aguas subterráneas, según el Reglamento del Dominio Público Hidráulico «se considerará un acuífero sobreexplotado o en riesgo de estarlo cuando se está poniendo en peligro inmediato la subsistencia de los aprovechamientos existentes en el mismo, como consecuencia de venirse realizando extracciones anuales superiores o muy próximas al volumen medio de los recursos anuales renovables, o que se produzca un deterioro grave de la calidad del agua». Finalmente la contaminación de las aguas subterráneas supone el mayor problema y una de las principales preocupaciones de los países del norte de la Unión Europea, que basan más del 50% de sus abastecimientos en dichas aguas.

Actualmente las aguas subterráneas en España, según la Memoria del Anteproyecto del Plan Hidrológico Nacional, representan un 25% del total suministrado para usos urbanos, cifra inferior a los abastecimientos de aguas superficiales. El mayor uso de las aguas subterráneas en abastecimientos se lleva a cabo, en general, en poblaciones inferiores a 50.000 habitantes. Si analizamos la utilización del agua subterránea en abastecimientos urbanos por cuencas hidrográficas, observamos que en los archipiélagos se tiende a cubrir prácticamente la totalidad del consumo con aguas subterráneas, Baleares 95% y Canarias 100%, que se completa con actividades desaladoras, en las cuencas del Júcar y del Sur la población abastecida con esta aguas se

sitúa en torno al 50%, los porcentajes de utilización más bajos los encontramos en las cuencas del Tajo (7%) y del Segura (5%). Por provincias son importantes los volúmenes consumidos en Barcelona, Jaén, Alicante y Valencia; entre las cuatro superan el 20% del total abastecido con aguas subterráneas. Entre los municipios destaca el de Castellón, con todo el suministro urbano cubierto por aguas subterráneas, a continuación se sitúa Almería, donde el 80% del abastecimiento proviene de acuíferos.

Las estadísticas oficiales sobre superficies en regadío, elaboradas por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación por términos municipales, no diferencian esas superficies según el origen del agua, superficial o subterránea. Se carece, por tanto, de información fiable que permita determinar la situación de las zonas regadas con aguas subterráneas.

Finalmente, en lo relativo al uso industrial, la mayor utilización del agua subterránea no conectada a redes urbanas corresponde a las cuencas del Júcar, Ebro e internas de Cataluña.

Para concluir sólo queda decir que a pesar de los actuales problemas de las aguas subterráneas, las oportunidades que ofrece son muy significativas y además las tecnologías disponibles son mayores que en épocas pasadas. Las investigaciones, como he indicado anteriormente, son amplísimas y aumentan cada día. Aún queda mucho por hacer, no sólo desde un punto de vista científico sino también en el ámbito de la educación medioambiental que supone una asignatura pendiente en nuestro país pero que es posible aprobar algún día.

Referencias bibliográficas

AA.VV.

- 1994 «Manual de Aguas», American Society for Testing and Materials, 3ª Edición, México, 457 pp.

AGENCIA EFE

- 1973 *La problemática del agua en España*, Madrid.

APPELO, C. A. J.

- 1994 *Geochemistry, groundwater and pollution*, A. A. Balkema, Rotterdam, 516 p.
1996 *Geochemistry, groundwater and pollution* (2.ª edición), A. A. Balkema, Rotterdam, 536 p.

ARAGONÉS BELTRÁN, J. M.

- 1997 *Gestión de la utilización conjunta: aspectos administrativos y legales. Curso sobre la utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas*, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 8 pp.

ARIZONA HYDROLOGICAL SOCIETY

- 2001 *Artificial recharge and integrated water management : symposium proceedings* (Tucson, Arizona, june 7-9, 2001), Arizona, 258 pp.

ARROJO, P.

- 2000 *Valoración de las aguas subterráneas en el marco económico general de la gestión de aguas en España*, Fundación Marcelino Botín, Santander, 49 pp.

ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE HIDROGEÓLOGOS (GRUPO ESPAÑOL)

- 1995 *Las aguas subterráneas en la Ley de Aguas española: un decenio de experiencia*, Instituto Tecnológico y Geominero de España y Asociación Internacional de Hidrogeología-Grupo Español, Madrid, 384 pp.

AYALA -CARCEDO, F. J.

- 1996 *Reducción de los recursos hídricos en España por el posible cambio climático*, Tecno Ambiente: revista profesional de tecnología y equipamientos de ingeniería ambiental, n.º 64 septiembre, San Sebastián de los Reyes, Madrid, pp. 43-48.

BALLESTER, A., J. A. FERNÁNDEZ SÁNCHEZ y J. A. LÓPEZ-GETA

- 1999 *Medida y evolución de las extracciones de aguas subterráneas*, Instituto Tecnológico y Minero de España, Madrid, 300 pp.

BARRERA GIMÉMEZ, M.

- 1999 *Las aguas del Ebro*, ACESA, Zaragoza, 586 pp.

BENÍTEZ, A.

- 1963 *Captación de aguas subterráneas: nuevos métodos de prospección y de cálculo de caudales*, Dossat, Madrid, 157 pp.

BOSCH, J. M.

- 1994 *El aprovechamiento privado del agua y su protección jurídica*, Barcelona, 285 pp.

BOWEN, R.

- 1980 *Ground water*, Applied Science Publishers LTD, Londres, 227 pp.

CANDELA, L. y M. VARELA

- 1993 *La zona no saturada y la contaminación de las aguas subterráneas: teoría, medición y modelos*, CINME, Barcelona, 322 pp.

CASTANY, G.

- 1968 *Prospection et exploitation des eaux souterraines*, Dunod, Paris, 717 pp.
 1963 *Traité pratique des eaux souterraines* (1.ª edición), Dunod, Paris, 657 pp.
 1967 *Traité pratique des eaux souterraines* (2.ª edición), Dunod, Paris, 661 pp.

CASTAÑO CASTAÑO, S.

- 1985 *Interacciones hidrogeoquímicas entre aguas superficiales y subterráneas en el aluvial del bajo Guadalhorce*, director Emilio Martínez Alfaro, Tesis de licenciatura Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

CASTILLO MARTÍN, A., A. PADILLA BENÍTEZ y A. PULIDO BOSCH

- 1989 *La sobreexplotación de acuíferos*, comunicaciones presentadas al Congreso Nacional «La sobreexplotación de acuíferos» celebrado en Almería, del 11 al 14 de Diciembre, Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), Madrid, 687 pp.

CEE

- 1992 *Resolución del Consejo de 25 de febrero de 1992 sobre política futura de aguas subterráneas de la Comunidad*, (92/C 59/02).

CEOTMA

- 1981 *Curso internacional sobre nuevos métodos para el estudio de la geoquímica y de la contaminación de las aguas subterráneas* (Madrid, 1-12 junio, 1981), Madrid.

CHALON, P. F.

- 1913 *Les eaux souterraines: recherche captage et purification*, Liège: Librairie Polytechnique, Paris, 470 pp.

CIFCA

- 1979 *Aguas subterráneas: inyección de aguas residuales, contaminación minera y radiológica, aspectos económicos e institucionales*, Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales, Madrid, 127 pp.

COMUNIDAD AUTÓNOMA MURCIA

- 1988 *El sistema acuífero del alto Guadalentín*, Consejería de Política Territorial y Obras Públicas, Comunidad Autónoma de Murcia, Dirección General de Recursos Hidráulicos, Murcia, 45 pp.

CONSEJO DE MINISTROS

- 2001 *Proyecto de Plan hidrológico Nacional*, Documento inédito, consultar en <http://www.mma.es>.

COROMINAS, J.

- 2000 *El papel económico de las aguas subterráneas en Andalucía*, Fundación Marcelino Botín, Santander, 54 pp.

CRUCES, J.

- 1999 *Evaluación de los recursos subterráneos*, en *Las Aguas Subterráneas en el Libro Blanco del Agua en España*, J. Samper y M. J. Llamas, Editores, AIH-GE, Madrid, pp. 11-22.

CUSTODIO GIMENA, E.

- 1969 *Datación de aguas subterráneas en el delta del río Llobregat*, Separata de: Documentos de Investigación Hidrológica. Suplemento científico de la revista *Agua* n.º 6-1969, Barcelona, pp. 207-237.
- 1967 *Etudes géohydrochimiques dans le delta du Llobregat*, Separata de: «Géochimie, précipitations, évaporation, humidité du sol, hydrométrie». Assemblée générale de Berne, (sept.-oct. 1967), Barcelona.
- 1986 *Recarga artificial de acuíferos*, Boletín de Informaciones y Estudios, n.º 45, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid, 134 pp.

CUSTODIO GIMENA, E., A. BAYÓ y M. D. PELÁEZ

- 1971 *Geoquímica y datación de aguas para el estudio del movimiento de las aguas subterráneas en el delta del Llobregat (Barcelona)*, Primer Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica Madrid-Lisboa, septiembre de 1971, Madrid.

CUSTODIO GIMENA, E., J. C. BRUGGEMAN

- 1987 *Groundwater problems in coastal area*, Studies and report in Hydrology, n.º 45, UNESCO, Bélgica, 596 pp.

- CUSTODIO GIMENA, E. y M. R. LLAMAS MADURGA
1983 *Hidrología subterránea*, Ediciones Omega, Vol. I y Vol. II, Barcelona, 2350 pp.
- CUSTODIO, E., M. R. LLAMAS MADURGA y J. SAMPER
1997 *La evaluación de la recarga a los acuíferos en la planificación hidrológica*, Instituto Tecnológico Geominero de España y Asociación Internacional de Hidrogeología-Grupo Español, Madrid, 455 pp.
- CUSTODIO GIMENA, E. y M. MANZANO
1990 *Estudio hidroquímico e isotópico ambiental preliminar de la isla de la Gomera* (Curso Internacional de Hidrología Subterránea Barcelona, enero de 1990), Barcelona.
- DE CORRAL, A.
1964 *Extracción de aguas subterráneas*, Ediciones C.E.H. (Centro de Estudios Hidrográficos), Madrid, 103 pp.
- DGOH-ITGE
1988 *Estudio de delimitación de las unidades hidrogeológicas del territorio peninsular e islas Baleares y síntesis de sus características*, Informe 2505, Servicio Geológico (MOPTMA), Madrid, 32 pp.
- DIARIO OFICIAL DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (DO)
2000 *Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000*, (por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas), DO L 327 22-12-2000.
- ESCUELA DE INGENIEROS DE MINAS
1988 *Tecnología de la intrusión en acuíferos costeros: Simposio Internacional TIAC'88*, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, Madrid, 378 pp.
- ESTRELA MONREAL, T.
1996 *Integración de los recursos de aguas subterráneas en el conjunto de los recursos. Papel de las aguas subterráneas en la garantía de suministro urbano y agrícola. Las Aguas Subterráneas en las cuencas del Ebro, Júcar e Internas de Cataluña y su papel en la planificación Hidrológica*, Asociación Internacional de Hidrogeólogos, Grupo Español, Lérida, pp. 291-295.
- EWEIS, J.
1999 *Principios de biorrecuperación: bioremediation: tratamientos para la descontaminación y regeneración de suelos y aguas subterráneas mediante procesos biológicos y físico-químicos*, McGrawHill, Madrid, 327 pp.
- FERNÁNDEZ BETHENCOURT, J.
2000 *El papel económico de las aguas subterráneas en Canarias*, Fundación Marcelino Botín, Santander, 29 pp.
1997 *El Plan Hidrológico de Tenerife y las aguas subterráneas. Las Aguas Subterráneas en la Planificación Hidrológica en las Islas Canarias*, Asociación Internacional de Hidrogeólogos, Grupo Español, Las Palmas de Gran Canaria, pp. 43-51.

FERNÁNDEZ RUBIO, R.

- 1993 *Las aguas subterráneas: importancia y perspectivas*, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 271 pp.

FERNÁNDEZ RUBIO, R., J. A. FERNÁNDEZ SÁNCHEZ, B. LÓPEZ-CAMACHO y J. A. LÓPEZ-GETA

- 2000 *Aguas Subterráneas y abastecimiento urbano*, Instituto Geológico y Minero de España y Club del Agua Subterránea, Madrid, 334 pp.

FETTER, C. W.

- 1994 *Applied hydrogeology*, 3.^a edición, Macmillan College Publishing Company, Nueva York, Estados Unidos.
- 1993 *Contaminant hydrogeology*, Upper Saddle River, Prentice Hall, 458 p., New Jersey, Estados Unidos.

FOSTER, S.

- 1994 *Managing land to protect groundwater sources: The English experience*, Seminario sobre perímetros de protección de captaciones de aguas subterráneas: Experiencia en países europeos, Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea, Barcelona.

FREEZE & CHERRY

- 1979 *Groundwater*, Prentice-Hall Inc., 604 p., Englewood Cliffs, New Jersey, Estados Unidos.

FUENTES YAGÜE, J. L.

- 1993 *Aguas subterráneas*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaria General de Estructuras, Madrid, 31 pp.

FUNDACIÓN CANAL DE ISABEL II

- 2002 *Guía práctica jurídico-legal de la gestión del agua en la Comunidad de Madrid*, Madrid, 311 pp.

FUNDACIÓN CULTURAL DE ALICANTE

- 1993 *Los recursos de agua: aprovechamiento y economía en la provincia de Alicante*, Caja de Ahorros del Mediterráneo y Fundación Cultural, Alicante, 664 pp.

FUNDACIÓN MARCELINO BOTÍN

- 2001 *La economía del agua subterránea y su gestión colectiva*, Mundi-Prensa, Madrid, 550 pp.

GAILLARD, B., D. ROUSSELOT y J. P. SAUTY

- 1977 *Applications d'une methode economique de determination sur le terrain des paramètres de dispersion : traçage en écoulement radial convergent expérimentation et interprétation*, Paris.

GALOFRÉ I TORREDEMÉR, A. y M. R. LLAMAS MADURGA

- 1999 *La gestión de las aguas subterráneas en España y en Cataluña*, Homenaje Alfons Bayó, Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea, Barcelona, pp. 201-213.

GARCÍA AGUSTÍN, J.

- 1975 *El problema de las aguas subterráneas en el área metropolitana de Madrid* (conferencia de apertura IX Curso de Hidrogeología «Noel Llopis» para graduados), Facultad de Ciencias, Madrid, 29 pp.

- GEYER, S.
1993 *Isotopengeochemische Untersuchungen an Fraktionen von gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) zur Bestimmung der Herkunft und Evolution des DOC im Hinblick auf die Datierung von Grundwasser*, Fakultät für Geowissenschaften, Tesis Ludwig-Maximilians-Universität München, München, 184 pp.
- GLOVER, R. E.
1974 *Transient ground water hydraulics*, Fort Collins, Department of Civil Engineering, College of Engineering, Colorado State University, Colorado, 413 pp.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. y C. MONTES
1989 *Los humedales del acuífero de Madrid: inventario y tipología basada en su origen y funcionamiento*, Canal de Isabel II, Madrid, 92 pp.
- GONZÁLEZ YÉLAMOS, J.
1986 *Estudio de la hidrogeología e hidrogeoquímica en el sector NW del casco urbano de Madrid*, bajo la dirección de P. Luisa Rubio Martín, M. Ramón Llamas Madurga, Tesis de licenciatura Universidad Complutense de Madrid.
- GUERRA MARRERO, J. L.
1997 *El Plan Hidrológico de Gran Canaria y las Aguas Subterráneas. Las Aguas Subterráneas en la Planificación Hidrológica en las Islas Canarias*, Asociación Internacional de Hidrogeólogos, Grupo Español, Las Palmas de Gran Canaria, pp. 53-58.
- HEATH, R. C.
1989 *Basic Ground Water Hydrology*, U. S. Geological Survey Water Supply Paper 2200.
- HERA, R.
1972 *Métodos prácticos para el estudio de aguas superficiales y subterráneas*, Dirección General de Obras Hidráulicas, Centro de Estudios Hidrográficos, Madrid, 564 pp.
- HERNÁNDEZ HINOJO, V.
1983 *Datación de las aguas subterráneas en el acuífero terciario detrítico de Madrid*, dirigida por Fernando Cipriano López Vera, Tesis de licenciatura Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- HERNÁNDEZ-MORA, N., y M. R. LLAMAS MADURGA
2001 *La economía del agua subterránea y su gestión colectiva*, Fundación Marcelino Botín y Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 550 pp.
- HERRÁEZ, I.
1981 *Factores condicionantes de la contaminación de las aguas subterráneas por vertidos sólidos urbanos en el área Metropolitana de Madrid*, I Jornadas sobre análisis y evolución de las aguas subterráneas en España, CIHS, Madrid, pp. 263-269.
- HERRÁEZ SÁNCHEZ DE LAS MATAS, M. I.
1994 *Análisis de las variaciones de los isótopos ambientales estables en el sistema acuífero terciario detrítico de Madrid*, ETD Micropublicaciones, Tesis Universidad Autónoma de Madrid Departamento de Geología y Geoquímica, Madrid.

HEVIA ÁLVAREZ, T.

- 1973 *Las aguas subterráneas*, Instituto de Estudios Asturianos, Oviedo, 59 pp.

HIDALGO MORENO, A. J.

- 1986 *Incidencia del agua subterránea en la génesis de suelos en la cuenca de Madrid*, bajo la dirección de Antonio Sastre Merlín, Tesis de licenciatura Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

IAHS

- 1983 *Ground water in water resources planning : proceedings of a symposium convened by Unesco*, (Koblenz, Federal Republic of Germany, 28 August-3 September 1983), International Association of Hydrogeologists, publication no.142, Koblenz.

IGLESIAS LÓPEZ, P.

- 1978 *Evolución de la calidad química de las aguas de las fuentes de Madrid: problemas de contaminación*, bajo la dirección de Pedro Emilio Martínez Alfaro, Tesis de licenciatura Universidad Complutense de Madrid.

IGME

- 1985 *Descripción de la base de datos: aguas*, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 184 pp.
- 1982 *El Instituto Geológico y Minero de España y las aguas subterráneas*, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 28 pp.
- 1983 *Estudio de los recursos hídricos subterráneos del sistema hidrogeológico no 61 (Cardo-Vandellos) y no 74/5 (Baix Camp-zona sur). Hidroquímica y calidad de las aguas subterráneas*, Ministerio de Industria y Energía. Secretaría de la Energía y Recursos Minerales, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- 1985 *Informe final del proyecto realización de análisis químicos de aguas subterráneas*, Ministerio de Industria y Energía. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- 1984 *Investigación hidrogeológica básica en el sector vasco de las cuencas norte y Ebro (1983-84)*, Ministerio de Industria y Energía. Secretaría de la Energía y Recursos Minerales. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- 1984 *Investigación hidrogeológica para abastecimiento a poblaciones de Madrid, Toledo, Ciudad Real, Cuenca, Guadalajara, Rioja y País Vasco: (1983-84). Estudio hidrogeológico para mejora del abastecimiento de agua de la población de Tolosa (Guipúzcoa)*, Ministerio de Industria y Energía. Secretaría de la Energía y Recursos Minerales. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- 1984 *Programa de actuaciones regionales. Estudio sobre la posibilidad de utilización de agua subterránea para abastecimiento complementario de Santander (Cantabria)*, Ministerio de Industria y Energía, Secretaría de la Energía y Recursos Minerales. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- 1984 *Protección de las aguas subterráneas en los abastecimientos urbanos*, Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales (Ministerio de Industria y Energía) y el Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 12 pp.

- 1985 *Proyecto trabajos hidrogeológicos en los planes de gestión, planificación y vigilancia de acuíferos y estudios sobre la contaminación de los acuíferos (programa 236 de fomento minero). Síntesis hidrogeológica de Ceuta y Melilla*, Ministerio de Industria y Energía. Secretaría de la Energía y Recursos Minerales. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 136 pp.

INSTITUTE OF TECHNOLOGY

- 1990 *Water wells: monitoring, maintenance, rehabilitation: proceedings of the International Groundwater Engineering Conference held at Cranfield* (Institute of Technology, UK, 6-8 September 1990, edited by P. Howsam), E & F.N. SPON, Londres, 422 pp.

ITGE

- 1980 *Calidad de las aguas subterráneas en la cuenca baja del Segura y costeras de Alicante*, Programa Nacional de Gestión y Conservación de los Acuíferos, Ministerio de Industria y Energía, Servicio de Publicaciones, Madrid, 77 pp.
- 1980 *Calidad de las aguas subterráneas en las cuencas del sur de España*, Programa Nacional de Gestión y Conservación de los Acuíferos, Ministerio de Industria y Energía, Servicio de publicaciones, Madrid, 172p p.
- 1997 *Caracterización de la calidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en la zona de influencia del Canal de Isabel II*, Canal de Isabel II, Madrid, 325 pp.
- 1998 *Integración de los acuíferos en los sistemas de explotación*, Instituto Tecnológico y Geominero de España, Madrid, 41 pp.
- 1993 *Las aguas subterráneas. Importancia y perspectivas*, Instituto Tecnológico Geominero de España y Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 275 pp.
- 1993 *Las aguas subterráneas en España. Estudio de síntesis*, 2.^a edición, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 591 pp.
- 1988 *Las aguas subterráneas y los acuíferos del Campo de Dalías (Almería)*, Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGE), Dirección de Aguas Subterráneas y Geología Ambiental, Madrid, 36 pp.
- 1994 *Libro blanco de las aguas subterráneas*, por la Dirección General de Obras Hidráulicas, la Dirección General de Calidad de las Aguas y el Instituto Tecnológico Geominero de España, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid, 135 pp.
- 1998 *Mapa de contenido en nitratos de las aguas subterráneas en España*, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 45 pp.
- 1991 *Sobreexplotación de acuíferos = Aquifer overexploitation: análisis conceptual: conceptual análisis*, contribución al XXIII Congreso Internacional de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos, Puerto de la Cruz (Tenerife), Madrid, 23 pp.
- 1991 *Tecnología básica de la recarga artificial de acuíferos*, 1.^a edición, Servicio de Publicaciones del Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 56 pp.
- 2000 *Unidades Hidrogeológicas en España*, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 34 pp.

JONES, B. F., R. VICENTE y A. SASTRE

- 1987 *Análisis normativo del agua subterránea de la depresión del Campo Arañuelo, región central española*, Madrid, 11 pp.

LALLANA, C.

- 2002 *Uso sostenible del agua en Europa: gestión de la demanda*, Agencia Europea de Medio Ambiente, Centro de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, pp. 60-65.

LALLEMAND-BARRÈS, A. y J. C. ROUX

- 1989 *Guide méthodologique d'établissement des périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée a la consommation humaine*, Ediciones BRGM, Orleans, 219 pp.

LÓPEZ-CAMACHO y CAMACHO, B.

- 1995 *Las aguas subterráneas en los abastecimientos españoles: gestión, protección y perspectivas*, en: «Las aguas subterráneas en la Ley de Aguas española. Un decenio de experiencia», AIH-GE, Madrid, pp. 109-131.

LÓPEZ GETA, J. A., L. MORENO MERINO y P. NAVARRETE MARTÍNEZ

- 1997 *Guía operativa para la recogida, almacenamiento y transporte de muestras de aguas subterráneas destinadas al análisis químico y bacteriológico*, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 34 pp.

LÓPEZ GETA, J. A.

- 2001 *Las aguas subterráneas : un recurso natural del subsuelo*, Instituto Geológico y Minero de España: Fundación Marcelino Botín, Madrid, 94 pp.

LÓPEZ GETA, J. A., C. MARTÍNEZ NAVARRETE

- 1992 *Las aguas subterráneas y los plaguicidas*, Dirección de Aguas Subterráneas y Geotecnia del ITGE, Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid, 149 pp.

LÓPEZ JIMENO, C.

- 2000 *Manual de sondeos. Tecnologías de perforación*, Madrid, 669 pp.

LÓPEZ VERA, F.

- 1991 *Contaminación de las aguas subterráneas*, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Centro de Publicaciones, Madrid, 78 pp.

LLAMAS MADURGA, M. R.

- 1988 *El agua subterránea como recurso económico-ecológico y como agente geológico*, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 95 pp.
- 1986 *Jornadas sobre la explotación de aguas subterráneas en la Comunidad de Madrid*, Comunidad de Madrid y Canal de Isabel II, Madrid, 329 pp.
- 1984 *Las aguas subterráneas en la política hidráulica española*; Tecnología del Agua, Madrid, pp. 71-82.

LLAMAS MADURGA, M. R., D. ALONSO ÁLVARO

- 1972 *Estudio preliminar sobre las posibilidades de los embalses subterráneos de las proximidades de Valladolid para atender la demanda de agua para usos urbanos, agrícolas e industriales*, Dirección Gral. de Obras Hidráulicas.

LLAMAS MADURGA, M. R., J. M. FORNÉS, N. HERNÁNDEZ-MORA, L. MARTÍNEZ CORTINA

- 2001 *Aguas Subterráneas: retos y oportunidades*, Fundación Marcelino Botín y Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 529 p.

- 2000 *El uso sostenible de las aguas subterráneas*, Fundación Marcelino Botín, Santander.
- MADSEN, B.
1994 *Protection of groundwater resources in Denmark*, Seminario sobre perímetros de protección de captaciones de aguas subterráneas: Experiencia en países europeos, Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea, Barcelona.
- MADSEN, B., H. J. HENRIKSEN y C. KNUDBY, C.
1998 *The national water resource model developed for the assessment of the distribution and protection of the Danish groundwater resources*, Brahma, pp. 219-226.
- MAPA
1995 *Avance del Plan Nacional de Regadíos*, Octubre 1995.
- MARTÍNEZ, J. y P. RUANO
1998 *Aguas subterráneas: captación y aprovechamiento*, PROGNSA (Promotora General de Estudios, S. A.), Sevilla, 404 pp.
- MARTÍNEZ ALFARO, P. E.
1977 *Características hidrogeológicas y problemas de contaminación del acuífero cuaternario del río Manzanares, aguas abajo del casco urbano de Madrid*, Separata de Estudios Geológicos n.º 33, Madrid, pp. 403-408.
1977 *Historia del abastecimiento de aguas a Madrid: el papel de las aguas subterráneas*, Instituto de Estudios Madrileños, Madrid, 23 p.
- MARTÍNEZ ALFARO, P. E. y J. SÁIZ GARCÍA-CUENCA
1976 *Relaciones aguas superficiales-aguas subterráneas en la cuenca del río Manzanares*, Asociación de Geólogos Españoles, Grupo de trabajo de Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, Valencia, pp. 181-202.
- MARTÍNEZ NAVARRETE, C., y J. A. FERNÁNDEZ SÁNCHEZ
2000 *Estudio para la delimitación de perímetros de protección en las captaciones de abastecimiento urbano de Villacastín (Segovia)*», ITGE.
- MARTÍNEZ NAVARRETE, C., J. A. LÓPEZ-GETA y L. RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ
1997 *Metodología para la delimitación de perímetros de protección en captaciones destinadas al abastecimiento público y criterios para establecer un orden de prioridad en su implantación. Aplicación al caso de los municipios de la provincia de Alicante*, ITGE, Diputación de Alicante.
- MATTHESS, G.
1982 *The properties of groundwater*, John Wiley & Sons, Nueva York, 406 p.
- MAURITS LA RIVIERE, J. W.
1989 *Los recursos hídricos: amenazados*, Investigación y Ciencia, n.º 158, Barcelona, p. 54-62.
- MENÉNDEZ ORMAZA, J.
«Cómo se descubre el agua subterránea: modernos procedimientos y aparatos averiguadores fundados en la impresión individual y en los fenómenos electro-magnéticos, pozos artesianos, sondeos y distintos sistemas de elevación de aguas», Gráf. Universal, Edición 2ª ed., Madrid, 241 p.

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE, DU COMMERCE ET DE L'ARTISANAT

- 1977 *Atlas des eaux souterraines. Pyrénées orientales*, Presses de Provence, Service de l'industrie et des mines, Avignon, 24 pp.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

- 1991 *Algunas cuestiones sobre economía del agua*, Agricultura y Sociedad, n.º 59 abril-junio, Madrid, pp. 197-221.

MIMAM

- 2000 *Anteproyecto de Ley del Plan Hidrológico Nacional*, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- 1998 *Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España. Propuestas de protección*, Centro de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 144 pp.
- 2000 *Libro Blanco del Agua en España*, Centro de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 637 pp.
- 1995 *Política Hidráulica: reflexiones previas y orientaciones para el futuro*, Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales, Volumen III, n.º 105 otoño, Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, Madrid, pp. 491-495.
- 1998 *Programa de ordenación de acuíferos sobreexplotados/salinizados*, Serie Monografías, Centro de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 66 pp.
- 1998 *Programa de redes básicas de control de las aguas subterráneas. Cuencas Intercomunitarias y Baleares*, Centro de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 60 pp.

MOPTMA-MINER

- 1994 *Libro Blanco de las Aguas Subterráneas*, Serie Monografías, Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, Ministerio de Industria y Energía, Madrid, 135 pp.

MORENO MERINO, L., C. MARTÍNEZ NAVARRETE, J. A. LÓPEZ-GETA, P. NAVARRETE MARTÍNEZ

- 1991 *Guía Metodológica para la elaboración de perímetros de protección de captaciones de aguas subterráneas*, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 289 pp.

MURCIA VIUDAS, A.

- 1960 *Aguas subterráneas: prospección y alumbramiento para riegos*, Ministerio de Agricultura, Dirección General de Coordinación, Crédito y Capacitación Agraria, Madrid, 334 pp.

NATH, S. K.

- 2000 *Geophysical prospecting of groundwater*, A. A. Balkema, Rotterdam, pp. 189-195.

OLMO, M. y J. A. LÓPEZ-GETA

- 1999 *Actualidad de las técnicas geofísicas aplicadas en Hidrogeología*, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 375 pp.

ONU

- 1977 *Almacenamiento y recarga artificial de aguas subterráneas*, Naciones Unidas, Nueva York, 306 pp.

ORTEGA, L.

- 1994 *La protección de las aguas subterráneas*, en: «La Calidad de las Aguas», Civitas, Madrid, pp. 47-72.

- PALI, A.
1932 *La recherche des eaux souterraines*, J.-B. Baillièere et Fils, Paris, 189 pp.
- PÉREZ PÉREZ, E. y M. ALBACETE
1994 *La legislación y la Administración pública ante el problema de la contaminación de las aguas subterráneas*, en: «Análisis y evolución de la contaminación de las aguas subterráneas», Sastre, Granada, pp. 29-47.
- PIMIENTA, J.
1973 *La captación de aguas subterráneas*, Editores Técnicos Asociados, Barcelona, 202 p.
1972 *Le captage des eaux souterraines*, Eyrolles, Paris, 188 pp.
- PLATA BEDMAR, A.
1994 *Composición isotópica de las precipitaciones y aguas subterráneas de la Península Ibérica*, CEDEX, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Gabinete de Formación y Documentación, Madrid, 139 pp.
- POLUBARINOVA-KOCHINA, P., Y.
1962 *Theory of ground water movement*, Princeton University Press, New Jersey, 613 pp.
- PORRAS MARTÍN, J.
1989 *Incidencia de los vertidos de residuos tóxicos y peligrosos en la calidad de las aguas subterráneas*, en: «Tomo homenaje a Jorge Porras Martín», IGME, Madrid, pp. 13-35.
- PORRAS MARTÍN, J., P. NIETO y J. CALVÍN VELASCO
1979 *Aguas subterráneas: contaminación urbana, industrial y agrícola*, CIFCA, Madrid, 80 pp.
- PORRAS MARTÍN J. y J. P. THAUVIN
1978 *Aguas subterráneas: problemas generales de la contaminación*, CIFCA (Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales), Madrid, 81 pp.
- PRICE, M.
1996 *Introducing groundwater*, Chapman & Hall, 2.^a edición, Reino Unido, 278 pp.
- PULIDO, J. L.
1978 *Hidrogeología Práctica*, 1.^a edición, Ediciones Urmo, Bilbao.
- RAUDKIVI, A. J. y R. A. CALLANDER
1976 *Analysis of groundwater flow*, Edward Arnold, Londres, 214 pp.
- REBOLLO, L.
1994 *Análisis y evolución de la contaminación de las aguas subterráneas*, AIH-GE, 2 Tomos.
- REY BENAYAS, J. M. y P. HERRERA
1988 *Los acuíferos esquilados*, Quercus, n.º 34, Madrid, pp. 29-31.
- RODRÍGUEZ AMORÓS, S.
1980 *Estudio hidrogeológico de la facies evaporítica central de la Cuenca del Tajo*, dirigida por Fernando López Vera, Tesis de licenciatura Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

RUIZ BEVÍA, F., V. GOMIS YAGÜES y P. BLASCO ALEMANY

1990 *Intrusión marina e hidroquímica en el acuífero de Javea*, Universidad de Alicante, Alicante, 140 pp.

RUIZ GARCÍA, J. M.

1998 *Desarrollo de un modelo hidrológico conceptual-distribuido de simulación continua integrado con un sistema de información geográfica*, Tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 264 pp.

SALMERÓN, E. T.

1960 *Acuíferos a presión: aguas subterráneas*, Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Servicio de Capacitación y Propaganda, Madrid, 165 pp.

SAMPER, J. y M. R. LLAMAS

1999 *Las Aguas Subterráneas en el Libro Blanco del Agua en España*, AIH-GE-MIMAM, 224 pp.

SAMPER, J., A. SAHUQUILLO, J. E. CAPILLA y J. J. GÓMEZ

1999 *La contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente*, Instituto Tecnológico y Geominero de España y Asociación Internacional de Hidrogeología-Grupo Español, Madrid, 621 pp.

SAMPER, J. y F. VILLARROYA

1998 *Conclusiones de la Mesa Redonda sobre las Aguas Subterráneas en el Borrador de la Reforma de la Ley de Aguas*, Revista de Obras Públicas n.º 3373, febrero de 1998, pp. 79-80.

SÁNCHEZ GONZÁLEZ, A.

1994 *Perímetros de protección de captaciones de aguas subterráneas: Situación legal en España*, Seminario sobre perímetros de protección de captaciones de aguas subterráneas: Experiencia en países europeos, Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea, Barcelona.

2000 *Perímetros de protección de las captaciones de agua potable*, en: «Aguas Subterráneas y Abastecimiento Urbano», ITGE, Madrid, pp. 245-249.

SASTRE MERLÍN, A.

1994 *Análisis y evolución de la contaminación de las aguas subterráneas*, actas del Congreso celebrado en Alcalá de Henares (Madrid, España), Tomo III, Asociación Internacional de Hidrogeólogos (Grupo Español), Madrid, 120 pp.

SCHNEEBELI, G.

1966 *Hydraulique souterraine*, Eyrolles, Paris.

1959 *Hydrogéologie*, Technip, Paris.

1962 *Les eaux souterraines*, Masson, Paris.

AGUAS Y COSTAS, S. E.

1998 *Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España*, Propuestas de protección, MIMAM, Madrid.

TÉMEZ, J. R.

1977 *Modelo matemático de transformación precipitación-aportación*, ASINEL.

THOMAS MARKUS, T.

- 1998 *Impactos de las extracciones de agua subterránea en Doñana: (aplicación de un modelo numérico con consideración de la variabilidad de la recarga)*, Universiti Politècnica de Catalunya, Barcelona, 8 pp.

TODD, D. K.

- 1973 *Hidrología: (agua subterránea)*, Paraninfo, Madrid, 371 pp.
1959 *Ground Water Hydrology*, John Wiley, New York.

TOLMANN C. F.

- 1937 *Ground water*, Mac Graw Hill, New York.

TROMBE, F.

- 1969 *Les eaux souterraines*, Presses Universitaires de France, Paris, 126 pp.

UNESCO

- 1980 *Surface water and groundwater interaction: a contribution to the International Hydrological Programme* (report prepared by the International Commission on Groundwater; edited by C. E. Wright), Paris, 123 pp.

UNIÓN EUROPEA

- 2000 *Directiva de 2000/60/CE del Parlamento Europeo y el Consejo, de 23 octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*, DO L327, de 22-12-2000.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

- 1999 *Las aguas subterráneas como nuevo recurso hídrico: gestión, calidad, problemática ambiental y contaminación*, Universidad de Burgos, Burgos, 141 pp.

VARGAS ALCÁNTARA, V.

- 1976 *Técnicas y análisis de costos de pozos profundos y aguas subterráneas*, Limusa, México, 514 pp.

VILLANUEVA MARTÍNEZ, M. y A. IGLESIAS LÓPEZ

- 1984 *Pozos y acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo*, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 426 pp.

VORREYER, C.

- 1998 *Delineating surface source water protection areas in Germany*, Proceedings of Source water assesment and protection, Dallas, pp. 61-64.

VRBA, J.

- 1994 *Ground water protection: strategy, policy and management*, en: «Análisis y evolución de la contaminación de las aguas subterráneas», Granada, pp. 29-47.

WEN-HSING, C. y W. KINZELBACH

- 1998 *Processing Modflow. A synthetic system for modeling ground water and pollution*, 325 pp.