

## La gestión de acuíferos en regiones áridas y semiáridas

### THE MANAGEMENT OF THE ACUIFERS IN THE ARIA AND SEMIARIA REGIONS

#### Resumen

A pesar del desarrollo experimentado por la hidrología en los últimos treinta años, aún no han calado en la sociedad española los conceptos básicos que rigen la correcta explotación de las aguas subterráneas.

Este artículo pretende dar a conocer los conceptos de recursos y reservas en aguas subterráneas y las alternativas de explotación que se presentan ante una utilización racional de los acuíferos subterráneos. En definitiva, se ofrecen algunas ideas para orientar una adecuada gestión de las aguas subterráneas.

#### Palabras clave

Aguas subterráneas, recursos y reservas hídricas subterráneas, explotación de aguas subterráneas, sobreexplotación y gestión de acuíferos.

#### Abstract

In spite of development of the Hydrological Science in the last thirty years, basic concepts for a rational utilization of groundwater are not known in the spanish society.

The aim of this paper is to show what is the meaning of resources and reserves of groundwaters, and what alternatives for the exploitation can be used in order to achieve a rational utilization of groundwater acuífers. In summary, some ideas are exposed tryns to help in a appropriate management of groundwaters.

#### Key words

Groundwater, resources and reserves of groundwater, exploitation of groundwater, management of acuífers, overexploitation of acuífers.

### I. Introducción

Según el diccionario de la Real Academia Española, **gestión** es la acción y efecto de **gestionar**, es decir hacer diligencias conducentes al logro de un negocio o de un deseo cualquiera. Por lo tanto, podríamos decir que **gestión de recursos hídricos es la totalidad de tareas requeridas para abastecer de agua, y de bienes y de servicios en relación con el agua**. La gestión de recursos de agua es una función de producción que transforma las características de cantidad, de calidad, de situación y de tiempo de los productos deseados: agua para riego, energía hidroeléctrica, abastecimiento de agua potable, ocio, protección de ecosistemas, etc. Todo ello bajo las limitaciones que impone la política hidráulica del gobierno, que se define mediante la Ley de Aguas y los diferentes planes hidrológicos de cuenca que se promulgarán con carácter de ley.

Los hombres han aprendido empíricamente a investigar y captar las aguas subterráneas después de milenios. La noción de recurso en aguas subterráneas es una idea moderna, que ha nacido de la constatación de que las obras de captación de aguas subterráneas tenían, en ocasiones, unos rendimientos (caudal por unidad de depresión) decrecientes en el tiempo o bien provocaban efectos perjudiciales sobre otras captaciones, manantiales o ríos. Estos efectos han sido frecuentemente mal interpretados y, a menudo, han llevado a que se juzguen como excesivas a estas explotaciones (sobreexplotación). Ello ha conducido a la necesidad de conocer y evaluar los **recursos**, concebidos como un máximo a no rebasar; de aquí la idea de realizar una explotación a "caudal seguro" ("Safe yield" de los anglosajones).

La noción de recurso se desarrolló rápidamente al plantearse la necesidad de proyectar y planificar una explotación de aguas subterráneas que evitase los posibles efectos negativos que se habían detectado. Esto parece ahora todavía más evidente si tenemos en cuenta que las aguas subterráneas se conciben como almacenadas en

auténticos embalses subterráneos donde todos los usuarios captan un mismo "depósito". Las aguas subterráneas son bajo este aspecto un recurso colectivo, cuya explotación no puede estar sujeta a decisiones individuales sin engendrar conflictos entre usuarios, que requieren un arbitraje y donde su carácter limitado hace deseable una explotación óptima que proteja el interés común de todos los usuarios y el general de toda la población.

De aquí la idea de evaluar los recursos como **oferta** y confrontarlos con las **demandas**.

Sin embargo, lo que complica las cosas es que los recursos en aguas subterráneas son a la vez:

-**Recursos renovables**, como las aguas superficiales, y

-**Recursos no renovables**, como otros recursos del subsuelo.

Además, en la práctica es imposible captar los primeros sin extraer una parte de los segundos (al menos local o temporalmente). Mientras la demanda sea muy pequeña en relación a la oferta, no hay problema y no es necesario evaluar los recursos con precisión. La necesidad de esta evaluación aparece como obligatoria cuando es necesario ajustar la demanda a la oferta.

Los **recursos**, que no pueden confundirse con la **productividad** puntual de las obras de explotación, son siempre una noción global, a diferentes escalas -desde unos pocos km<sup>2</sup> de un pequeño acuífero a más de un millón de km<sup>2</sup> de una gran cuenca sedimentaria-, pero nunca puntual.

También, en todos los casos, es necesario definir un marco espacial al que referir los recursos. Este marco no es otro que el **sistema acuífero**; es decir, **un dominio continuo circunscrito por límites que obstaculizan los efectos provocados por acciones naturales o artificiales (alimentación o bombeo de agua), e impiden que puedan propagarse más allá de estos límites, a escala de tiempo definido**. Dicho de otra forma, sistema acuífero es un **sistema físico, definido en el espacio y finito en el tiempo, en el cual las reacciones a las acciones proyectadas son previsibles y pueden ser evaluadas**.

Movilizar los recursos en aguas subterráneas implica, en efecto, influenciar el sistema en condiciones técnicamente posibles y económicamente aceptables. Evaluar estos **recursos explotables** consistirá en investigar cómo se puede extraer la máxima cantidad de agua subterránea de un sistema dado, respetando todas las limitaciones impuestas.

Durante mucho tiempo, la hidrogeología aplicada se ha limitado a perseguir objetivos de investigación para la ubicación de obras de captación, pero en la actualidad se trata más bien de la evaluación de los recursos hídricos subterráneos explotables. En la consecución de este objetivo tiene un lugar esencial el concepto moderno de “sistema acuífero”, también denominado en España “unidad hidrogeológica”.

La definición y análisis del comportamiento de los sistemas acuíferos realizado por los hidrogeólogos se denomina modernamente “**análisis de sistemas acuíferos**”. Esta denominación se emplea para designar un lenguaje común que pretende su descripción más explícita y hacer más racional el método de análisis de sistemas acuíferos y de las modelizaciones que le siguen. **Analizar** un sistema acuífero real consiste en recoger y formular las informaciones que permitan su **modelización**. Para ello es necesario elaborar un **modelo conceptual**, una representación lógica que esquematice la realidad, lo que será materializable en un **modelo de simulación**, analógico o numérico, sobre el que se podrá superponer las impulsiones calculadas o simuladas para conocer sus efectos.

El modelo de simulación es una herramienta imprescindible para la gestión del sistema acuífero; sin embargo, esto no es suficiente para abordar toda alternativa de explotación del acuífero. Es necesario conocer las limitaciones que pueden condicionar las opciones de explotación del sistema. Así podemos distinguir:

- **Limitaciones físicas:** Imposibilidad material de abatir el nivel piezométrico por debajo de un cierto mínimo que permita un bombeo en condiciones aceptables o también la prevención de

una intrusión salina.

- **Limitaciones económicas:** Necesidad de mantener el coste de producción por debajo de un valor aceptable.

- **Limitaciones socioeconómicas y medio ambientales:** Aquellas que pesan sobre el proyecto y que plantean los representantes de los intereses generales de la sociedad. Por ejemplo: no afectar excesivamente a los materiales o la necesidad de preservar la calidad del recurso impidiendo la entrada de agua de calidad inferior (a partir de aguas superficiales o a partir de otros acuíferos) o bien la necesidad de mantener la escorrentía superficial de ríos y/o de superficies piezométricas de zonas húmedas de interés ecológico.

II. Concepto de recursos y reservas de agua subterránea

Todo sistema acuífero constituye a la vez:

- Un medio conductor atravesado por un **flujo de agua** que está mantenido por los aportes generalmente discontinuos e irregulares de la alimentación (lluvia, ríos, etc.). Este flujo puede ser muy pequeño cuando el acuífero esté poco alimentado, el agua está entonces casi estancada.

- Un almacén que contiene un **stock de agua** o reserva, variable cuando el acuífero es libre o casi constante cuando el manto es cautivo.

La importancia relativa del flujo y del stock es muy irregular según las condiciones hidrogeológicas (extensión y estructura del acuífero) y climáticas (factores que condicionan la alimentación). La relación entre el volumen medio de alimentación durante un período de referencia (el año por lo general) frente al volumen medio total del agua almacenada, se denomina **tasa de renovación**. Acuíferos libres de gran superficie pueden ser muy renovables en zonas húmedas con débil stock y fuerte alimentación. Por el contrario, acuíferos cautivos de grandes dimensiones pueden tener poca alimentación, incluso

en zonas húmedas y, mucho más en zonas áridas; en estos casos se tiene un gran stock con un flujo muy pequeño, es decir, se registra sólo una pequeña tasa de renovación del agua del acuífero.

El flujo y la reserva contribuyen a formar los recursos de agua subterránea:

**-Recurso renovable o recurso propiamente dicho**, el que procede de la captación (derivación) del flujo natural y de la toma de las emergencias naturales.

**-Recursos no renovables o reserva**, el que procede de la reserva provocando un flujo artificial temporal, en tanto dure la explotación.

Estas dos formas de recursos de aguas subterráneas no son independientes ni disociables en la práctica. No se puede extraer una parte importante del flujo medio sin transformar el reparto del flujo global del acuífero; es necesario desplazar, en favor de las captaciones, una parte de los caudales naturales de las emergencias naturales y también durante el cierto período de tiempo (normalmente meses de verano) se hace descender la superficie piezométrica (explotación temporal de reservas). De esta forma se consigue extraer todos o casi todos los recursos renovables del acuífero.

Cuando la alimentación del acuífero es despreciable frente a sus reservas, como en los casos de las zonas áridas y semiáridas del Sureste de España, la explotación de las aguas subterráneas se plantea más como un desalmacenamiento que como una captación del recurso renovable. En tales circunstancias, la explotación de la reserva se realiza como si de un yacimiento minero o petrolífero se tratase.

Toda la **reserva teórica** de un acuífero (calculable como el volumen de roca saturada media, multiplicada por su porosidad eficaz) no puede ser asimilable a un stock explotable en la práctica, puesto que el descenso de los niveles de bombeo se sitúa a un nivel económico donde su explotación no es aceptable. De aquí nace el concepto de **reserva explotable**, concepto relativo, puesto que está sujeto a criterios técnico-económicos cambiantes.

En definitiva, se trata en los dos casos -recursos renovables y recursos no renovables- de recursos finitos, que hay que tratar de no despilfarrar ni agotar. Por lo tanto, su **gestión** se justifica plenamente, pues toda gestión de un sistema acuífero conlleva una **gestión de flujo** y una **gestión del stock**, aunque en proporciones variables a lo largo de la explotación. Sin embargo, no pueden separarse la una de la otra. La gestión de la reserva no es sino una parte, unas veces primordial, otras veces accesoria, de la gestión del sistema.

### III. Estrategias de explotación de aguas subterráneas

La estrategia para la explotación de aguas subterráneas suele estar sometida a la política hidráulica. Tres opciones principales se plantean normalmente:

1. **Explotación parcial o total de los recursos renovables**. En este caso, la explotación de reserva no es más que una condición necesaria, aunque temporal, para la extracción del recurso renovable.

2. **Explotación temporal, voluntaria y controlada de las reservas**, para hacer frente a unas demandas coyunturales superiores "explotaciones puente" o a unos períodos de excepcional escasez de recursos renovables o sequía. En todo caso, se plantea como una explotación a tiempo fijo, al cabo del cual se reducirá la explotación para volver a un régimen de equilibrio que se conseguirá disminuyendo la explotación.

3. **Explotación minera pura o explotación de reservas**, totalmente o hasta que las condiciones de explotación se juzguen inaceptables (reservas explotables en términos económicos). Es necesario entonces fijar el tiempo y el caudal de explotación, de forma análoga a como se opera en la explotación de un yacimiento petrolífero.

Estas tres formas de explotación de aguas subterráneas tienen un denominador común: son alternativas deseadas y controladas. Pero en

ocasiones se alcanzan unos objetivos no deseados; por ejemplo, descensos superiores a los previstos, intrusión de aguas marinas, subsidencias de terrenos, etc.; en este caso, se habla de sobreexplotación. La sobreexplotación debe entenderse como una explotación "excesiva" en relación a la "prevista" o "programada".

En concordancia con Margart (1982) es posible decir que **saber si se deben explotar las reservas de agua subterráneas no es una cuestión metafísica o académica**, objeto de discusión sobre la utilización por la humanidad de los recursos no renovables en general, sino que es una cuestión práctica a tratar en cada caso, en función de criterios específicos para cada situación, y revisable según la evolución de las condiciones económicas y de los medios tecnológicos. Sin embargo, parece útil hacer tres **recomendaciones** esenciales válidas en todos los casos de explotación de reservas de aguas subterráneas:

1. **Una explotación de reservas debe ser consciente y deliberada.** Realizarla involuntariamente, sin control, ignorando que tiene un final a plazo fijo, entraña grandes inconvenientes (conflictos entre usuarios y daños colectivos importantes).

2. **Una explotación de reservas debe ser controlada y dirigida.** Ello implica una estructura de control técnico y una organización de gestión adecuada, y dotada de los necesarios poderes de decisión. La **gestión "comunitaria"**, de un acuífero (contemplada por la vigente Ley de Aguas en España) explotado por intereses económicos (con frecuencia numerosos y diferentes), exige el arbitraje de la Administración, que deberá poner los medios para recoger y conservar los datos sobre los caudales de explotación y de los niveles, todo ello como elementos imprescindibles para ordenar la gestión del acuífero.

3. **La explotación de un recurso de agua no renovable, debe integrarse en una política general del agua (planificación hidrológica), que a su vez esté subordinada a la política económica general del país.**

En resumen, **una explotación de reservas de agua subterránea, convenientemente programada, podría en muchos casos permitir, no retardar, el desarrollo de diversas actividades económicas, dando tiempo para estudiar y proyectar mejor las soluciones definitivas.** De este modo, se retrasan y se ajustan mejor las fuertes inversiones (presas, acueductos, etc.) que soportan mal las economías débiles.

La explotación minera de las aguas subterráneas se constituyen así en un factor de despegue económico que no debe despreciarse allí donde esta alternativa se presenta. Impedir este tipo de explotación bajo pretexto de que se trata de recursos no renovables sería tanto como recomendar la no explotación de los yacimientos mineros o petrolíferos. El tiempo ganado deberá ser aprovechado para educar a los utilizadores y preparar una economía del agua que elimine los despilfarros y maximice los reciclajes y/o las reutilizaciones.

#### IV. La sobreexplotación de acuíferos

Ligado a la alternativa de explotación de reservas aparece el término **sobreexplotación**, concepto todavía muy discutido que es interpretado normalmente como una explotación no deseada de reservas, excesiva en relación con la explotación que se considera normal (equilibrio entre extracciones y alimentación).

La cuestión es saber qué es "excesivo" y qué es "normal" en la explotación de un acuífero subterráneo. En general, se entiende por "normal" una explotación que preserva el equilibrio del acuífero, es decir, una igualdad entre la extracción (E) y la alimentación media (Q). Esto no es tan simple.

Un acuífero puede ser sobreexplotado localmente, incluso si el  $E < Q$ , si las extracciones se concentran y producen efectos no deseados como rendimientos decrecientes en las captaciones, pérdida de la calidad, afección a las aguas de superficie, subsidencias de terrenos, etc. Por el contrario, todo desequilibrio  $E > Q$  no produce necesariamente una explotación

abusiva, si ésta provoca una alimentación inducida que aumenta las entradas del acuífero o bien el volumen de reservas sea tan grande que sus efectos son pequeños y tan sólo apreciables después de un gran período de tiempo.

Sobreexplotar un acuífero será la explotación en régimen de desequilibrio, sin embargo, el concepto tiene un sentido más complejo que el de extraer más agua que su alimentación media y agotar sus reservas. Es posible explotar las aguas subterráneas determinando los efectos negativos que se producirían e imponer los límites. Definir estos límites y su flexibilidad es tan importante como evaluar el caudal medio anual de un acuífero para ajustar mejor su explotación.

Castany y Margat (1971) en su Diccionario de Hidrogeología definen la sobreexplotación como la *“Explotación de cantidades de agua subterránea excesiva, en relación a una norma fijada, en función de diversas limitaciones y particularmente en relación al caudal de producción asegurado, ligado a la conservación del equilibrio a más o menos largo plazo. Concepto próximo al de explotación de la reserva (overdevelopment, overdraft o exhaust'on de los autores anglosajones)”*.

La utilización de aguas en España tuvo un floreciente desarrollo a partir de 1965, favorecida por el importante despegue económicos de los años sesenta y por la ausencia de recursos superficiales en amplias zonas del país -costa mediterránea y territorios insulares- donde la climatología y la tradición agrícola de sus hombres hacía sumamente rentable la creación de nuevos regadíos. La explotación de acuíferos se presenta así como un factor de desarrollo económico y social en amplias zonas deprimidas del país.

De esta forma, la iniciativa privada y las aguas subterráneas constituyeron una forma de sustituir la incapacidad del Estado para satisfacer una demanda que se presentaba con urgencia, muy diversificada en el espacio y casi siempre en zonas con ausencia de recursos superficiales. La Administración, consciente de este “empu-

je” de los particulares, realizó la obra hidráulica más importante de España: el Trasvase Tajo-Segura, y planteó una política de trasvases como respuesta a los graves desequilibrios hidrológicos de la Península Ibérica.

Sin embargo, la ausencia de una legislación adecuada y la falta de planificación hidráulica y del territorio permitieron una explotación desordenada de aguas subterráneas, donde la Administración debería haber sido el elemento moderador de la iniciativa privada.

La sobreexplotación de acuíferos en España es una consecuencia del desarrollo general del país y aunque está planteando actualmente problemas a la Administración Hidráulica, no debe verse únicamente con la perspectiva de los aspectos negativos que evidentemente tiene, sino que también debe sopesarse la riqueza creada y el desarrollo económico-social inducido. Este aspecto es especialmente medible en el Sureste español (Almería, Murcia, Alicante y Albacete).

Ante la importancia de este fenómeno en España, no cabe sino la adopción de medidas urgentes tendentes a corregir los efectos de la sobreexplotación de los acuíferos y que, en última instancia, tratarían de evitar el colapso económico de las regiones más afectadas y la desertización, inducida que se produciría.

#### V. Orientaciones para la gestión de reservas de aguas subterráneas

España es un país con muchas experiencias en la explotación de reservas de aguas subterráneas, lo que nos pone en condiciones de plantear algunas orientaciones de orden metodológico (evaluación de recursos) y de orden práctico (gestión de recursos).

A. Orientaciones para la evaluación de recursos  
1. La evaluación de los recursos de las reservas subterráneas necesita no sólo de un buen conocimiento físico (hidrogeología) del acuífero sino también su “comportamiento dinámico”, es decir, su modo de reaccionar ante una explo-

tación. Para ello, se necesita un modelo adecuado. **No basta**, como se ha hecho hasta ahora, **con establecer un balance global del acuífero.**

2. Es deseable construir **un modelo de simulación representativo** del sistema acuífero, cuando se disponga de una larga historia de la explotación y de los niveles.

3. **No conviene subestimar la contribución de las capas semipermeables super o subyacentes a las capas acuíferas**, propiamente dichas. A menudo, el acuífero se comporta como un dren en una cuenca sedimentaria de capas poco permeables y muy potentes, que almacenan volúmenes de agua considerables. Este hecho se traduce por un coeficiente de almacenamiento muy superior al medido por ensayos de bombeo de corta duración; utilizar estos últimos para calcular la previsión conduce, por lo general, a resultados muy pesimistas (depressiones exageradas y aceleradas a largo plazo). Por el contrario, hay que tener en cuenta el tiempo para movilizar estas “reservas suplementarias” que harían subestimar las bajadas de niveles a corto plazo.

Determinar los cambios del coeficiente de almacenamiento que van a regir la evolución de niveles es una de las principales dificultades de la modelización del comportamiento a largo plazo de los acuíferos profundos en cuencas sedimentarias complejas. Ante la duda es mejor ser un poco pesimista y “revisar al alza” las previsiones iniciales.

4. No es adecuado despreciar los efectos sobre los límites de un acuífero cautivo y sobre la posibilidad de alcanzar un equilibrio dinámico que puede diferir bastante del equilibrio natural inicial. Este efecto se debe, en acuíferos cautivos, a que parte del flujo natural es mantenido por “**drainance**” (intercomunicación vertical).

5. La estimación de las reservas explotables debe basarse en criterios económicos con los siguientes condicionantes:

-**Condicionantes internos:** profundidad máxima considerada como aceptable por los usuarios, porque constituye el factor determinante de los costes de producción.

-**Condicionantes externos:** limitaciones impuestas a la explotación para evitar consecuencias negativas sobre las surgencias naturales y, en ocasiones, sobre la estabilidad del suelo (las subsidencias del terreno pueden ser muy negativas sobre las construcciones). La reserva explotable no es una magnitud constante puesto que, como en el caso de una explotación minera, es un valor sujeto a variables tecnológicas y económicas. La simple evaluación hidráulica se sustituye por un “modelo de oferta” que aporte una respuesta específica a cada alternativa proyectada.

6. **El conocimiento de un acuífero es interactivo con su explotación.** Sería poco realista exigir un conocimiento detallado y “completo” de un acuífero previamente a su explotación, para definir un programa teórico de extracción. Es imprescindible un control preciso y constante de las explotaciones (producciones, niveles y calidades de agua), denominadas “explotaciones experimentales” que permitan ajustar progresivamente el programa de aprovechamientos.

B. Orientaciones prácticas

1. **Los usuarios de un mismo acuífero son necesariamente solidarios**, porque sus acciones individuales se interfieren recíprocamente. Una reserva de agua no puede ser dividida, como ocurre, por ejemplo en los yacimientos mineros, en “propiedades individuales” ligadas a la posesión del suelo. Su gestión es obligatoriamente colectiva, lo que implica una concentración y una disciplina entre los usuarios, así como una autoridad para el arbitraje.

2. En este momento, la **gestión planificada implica que se adopten objetivos conservadores** (protección de derechos adquiridos por los

primeros usuarios) y/o **voluntaristas** (asignación de recurso preferencial a cierto tipo de usuarios). Para ello se necesitan medios:

- Legales (base jurídica). Los estatutos de las comunidades de usuarios deben dar el marco legal complementario.
- Técnicos, constituidos por un aparato técnico de control y asesoramiento.

**3. En el futuro de los sistemas acuíferos sobreexplotados de zonas áridas**, la elección se plantea entre mantener la producción intensiva y menos duradera o una producción menor, pero prolongada en el tiempo. Se trata, en definitiva, de argumentos económicos. Es un caso típico de planificación: adoptar un escenario entre las diferentes posibilidades. La decisión es en último término una función política. **Planificar es en cierta manera “atenuar la dictadura del presente sobre el futuro”.**

**4. Por último, la explotación de las reservas de aguas subterráneas** implica prever soluciones de sustitución para satisfacer las demandas de agua mediante tres posibles alternativas:

- Trasvase de agua superficial, desalación de aguas salobres continentales y desalación de agua del mar.
- Transformar las demandas de agua con reducción de consumo.
- Conjugación del incremento de recursos con la disminución del consumo.



## BIBLIOGRAFIA

- ANONIMO (1977): "Expansión des ressources en eau dans les zones arides". Inchap, 6, p.68: Les captage des nappes fossiles. Nat. Acad. Sc. USA, Washington.
- BEAR J.; LEVIN O. (1967): "The optimal yield of an aquifer". *Assoc. intern. Hydrol. scient. Sympos. Haifa*. AISH/UNESCO-DHI publ. AISU n° 72, pp. 401-412, Gentbrugge.
- COLECTIVO (1952): *L'Hydrologie de la zone aride*. UNESCO, 217 p., París.
- COLECTIVO (1972): "Alternative yield concepts in Ground Water Management". *ASCE, Manual et Reports on engineering practice*, n° 40, pp. 17-22. New York/trad. fr. J. Margat, Rapport BRGM 73 SGN 290 AME Orléans.
- COLECTIVO (1989): *Congreso sobre la sobreexplotación de acuíferos*. Asociación Internacional de Hidrogeólogos. Almería.
- CONOVER, C.S. (1961): "Ground-water in the arid and semi-arid zone; its source, development and management". Notamment: 4.1. Ground-water Mining. Associntern. Hydrol. scient, *Colloq. Athènes. Eaux sout, zones arides*, II-Publ. AIHS, n° 57, pp. 517-524. Gentbrugge.
- ERHARD-CASSEGRAIN, A.; MARGAT, J. (1978): *L'eau matière-première*. Rapport BRGM 78 SGN 674 HYD, 89 p. Orléans.
- ERHARD-CASSEGRAIN, A.; MARGAT, J. (1982): *Introducción á l'èconomie générale de l'eau*. Masson, 365 p., París.
- HEINDL, L.A. editor (1974): "Hidden waters in arid lands". *Report of a work-shop on Groundwater Research Needs in Arid Zones*, 25 nov., París.
- LEGISLACION DE AGUA: Edición preparada por A. Reverte y E. Pérez. Tecnos. Madrid, 1.986 (2ª Edición); 270 pp.
- MANDEL, S. (1977): "The overexplotation of groundwater resources in dry regions". In *Arid zone Development. Potentialities and Problems*. pp. 33-51 Ballinger, Cambridge. Massachussetts. USDA.
- MARGAT, J. (1966): "Ages des eaux souterraines et renouvellement des réserves des nappes". *Bull. BRGM*, Fr., n° 6, pp. 37-51.
- MARGAT, J. (1976): "L'exploitation des réserves d'eau souterraine". Facteur de développement dans la zone aride et semi-aride". *Cahiers du CENECA*. Colloq intern. París, 2213, París.
- MARGAT, J. (1977): "De la surexploitation des nappes souterraines". *Colloq. nat. Eaux sout. approv. eau France*, BRGM Nice, oct. 1.977, t. II, pp. 393-408. Orléans.
- MARGAT, J. (1979): "Aridité et ressources en eau". *Conf. sémin. inter. politique de l'eau agric. zones arides et semi-ârides*
- CIEH/CEFIGRE, Niamey, fev. 1979. Rapport BRGM, 79 SGN 225 HYD, 25 p., Orléans.
- MARGAT, J. (1981): "Connaissance de la ressource en eau en zone aride". *ACSAD/CEFRIGE, Sémi, prépar, cours intern. Planification des eaux dans les zones arides*. Thème 1 "Informations nécessaires au planificateur", janv. Sophia Antipolis.
- MARGAT, J. (1981): "Evaluation et exploitation des ressources en eau souterraine en zones arides et semi-ârides". *Conf. Cours intern. planif. eaux zones arides*, CEFRIGE, Oct., Sophia-Antipolis. Rapport BRGM 81 SGN 797 EAU, 84 p., Orléans.
- SCHENEIDER, H. (1977): "Management of ground-water resources in arid zones". *Conf. différ. strategies mise en valeur et gestion des déserts, Sacramento*, USDA, mai-juin, conf. pap. vol.II, 25 p.
- SENENT, M. y LOPEZ BERMUDEZ, F. (1986): "Explotación de aguas subterráneas en zonas áridas y semiáridas de España". *Coloquio sobre demanda y economía del agua en España*. Universidad de Alicante. Caja de Ahorros del Mediterráneo. Alicante.
- SENENT ALONSO, M. (1988): "La sobreexplotación de acuíferos en España". *VIII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia*. Oviedo.