



APRH

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
NUCLEO REGIONAL DO SUL

DEBATE
RIO GUADIANA
PASSADO PRESENTE FUTURO

**PLANO HIDROLÓGICO NACIONAL DE ESPANHA:
APRECIÇÃO RELATIVA ÀS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

J. P. Cárcamo Lobo Ferreira

Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos
Núcleo Reginal do Sul

Debate sobre o Rio Guadiana - Passado, Presente e Futuro.
Évora, 27 e 28 de Outubro de 1994

PLANO HIDROLÓGICO NACIONAL DE ESPANHA:
Apreciação relativa às
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

por

J.P. Cárcamo Lobo Ferreira

Doutor Engenheiro, Investigador Principal e Chefe do Grupo de Investigação de Águas Subterrâneas
do Departamento de Hidráulica do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
Presidente da Mesa da Assembleia Geral da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos

1. Introdução

A apreciação que se apresenta foi desenvolvida no âmbito do estudo do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) "*Análise do Plano Hidrológico Nacional de Espanha. Apreciação geral e análise sumária das consequências*" (cf. Ramos et al., 1994), elaborado em 1994, por solicitação do Instituto da Água (INAG).

Na Memória do Plano Hidrológico Nacional de Espanha, PHNE, (MOPT, 1993a) datada de Abril de 1993, a componente subterrânea do ciclo hidrológico, nomeadamente a caracterização de aquíferos e a sua partição por bacias hidrográficas, a quantificação dos volumes de recarga e das extracções para abastecimento e, ainda, a quantificação dos investimentos a dispendir com novas infraestruturas de captação de águas subterrâneas encontram-se claramente definidos. O único Anexo da Memória do PHNE intitula-se precisamente "Las Águas Subterrâneas. Situacion actual". Tal não é de estranhar devido ao modo conceptualmente actualizado e cientificamente correcto com as Águas Subterrâneas são tratadas e integradas no planeamento e na gestão dos recursos hídricos, expressos na Lei de Águas de Espanha, de Agosto de 1985.

Apresentam-se e comentam-se nos pontos seguintes algumas críticas publicadas em Espanha ao PHNE sobre águas subterrâneas e descrevem-se as possíveis implicações do anteprojecto de lei do PHNE (MOPT, 1993b) e da proposta de transferências de águas interbacias, com base numa análise do ponto de vista hidrogeológico.

2. As águas subterrâneas de Espanha e o Anteprojecto de Lei

2.1 - Críticas publicadas em Espanha ao PHNE sobre águas subterrâneas

Diversos comentários, críticas e sugestões de alteração ao Anteprojecto de Lei do PHNE publicados recentemente por Professores responsáveis pelas cátedras da área de

Hidrogeologia das Universidades de Madrid (Prof. R. Llamas), de Barcelona (Prof. E. Custodio) e de Valência (Prof. A. Sahuquillo), três dos catedráticos de maior renome nacional e internacional de Espanha, levantam dúvidas importantes sobre os valores apresentados na Memória do PHNE, nomeadamente os referentes aos volumes da recarga média anual e da taxa de utilização de águas subterrâneas (classifica-se conceptualmente incorrecta a avaliação da taxa de afectação, i.e. de esgotamento das reservas hídricas subterrâneas).

Transcreve-se em seguida, a título exemplificativo, um texto extraído de Llamas (1993), apresentado às "Jornadas sobre Planificación Hidrológica. Plan Hidrológico Nacional (PHN)", organizadas pelo Colégio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, em Madrid, de 13 a 16 de Dezembro de 1993:

"El papel de las aguas subterránea

En mi opinión esta es una de las grandes lagunas o más bien un notable fallo técnico del PHN propuesto. Quizá la principal causa es que en la Memoria se continúa manteniendo el concepto erróneo (desde el punto de vista práctico) de "cuencas abiertas y cuencas cerradas". Se sigue con la vieja idea de que todos los acuíferos tienen prácticamente una difusividad hidráulica infinita, en otras palabras, que la realización de un bombeo afecta de modo prácticamente inmediato a un curso de agua y, por tanto, afecta a un aprovechamiento de aguas abajo. Con esta premisa se llega a la conclusión -obviamente errónea- de que el 75 % de las aguas subterráneas renovables ya están aprovechadas. Esto es reiteradamente mantenido tanto en la Memoria del PHN (MOPT, 1993 a) como por Arenillas (1993) y por el anterior Secretario de Estado para Políticas del Agua y Medio Ambiente (ver Diario de las Cortes, sesión del 16.III.93) (cf. Llamas, 1993 e y Sahuquillo, 1993).

Por otra parte, como ya indiqué hace años, la cifra en el PHN de aguas subterráneas renovables (20 km³/año) está claramente infravalorada y es de unos 30 km³/año, es decir un 50 % más alto (cf. Llamas, 1991 c). Afortunadamente el PHN no llega a defender las ideas de que los acuíferos deben ser explorados en los períodos húmedos (cf. Benet 1992 a y b y Custodio, 1992 a).

Aguas superficiales y subterráneas

También este es un epígrafe muy amplio. Repetidas veces he escrito que las aguas subterráneas no son el recurso hídrico más importante de España pero sí son en ocasiones un recurso muy significativo y generalmente mal conocido y peor tratado por la Administración Hidráulica. España constituía y constituye a nivel mundial un caso grave de "hidroesquizofrenia", es decir, en la terminología del hidrólogo americano R. Nace, de la actitud de los planificadores hidráulicos que escinden o separan lo que refiere a unas y a otras. Después de llevar dos décadas hablando y escribiendo de este tema (cf. Llamas, 1974 a, 1982, 1983 b, 1991 b, 1992 b) parece que algunos planificadores del agua se han sentido aludidos y en el PHN se hacen declaraciones platónicas de amor a las aguas subterráneas. Al mismo tiempo se dice que es inútil y estéril plantear esa polémica entre aguas superficiales y subterráneas (cf. Llamas, 1993 e, Llamas et al., 1992). En cambio, se pone el énfasis en exagerar la sobreexplotación de algunos acuíferos que van a ser "redimidos" gracias a los trasvases.

Por supuesto, no pretendo negar que hay algunos problemas en ciertas regiones debido a una explotación excesiva de aguas subterráneas. Casi siempre eso se debe a que tal explotación ha sido inicialmente mal planeada y, después, poco o nada controlada por la Administración. Hace años, en algunos casos, se podría echar la culpa de ese mal planeamiento al carácter privado de las aguas subterráneas pero, después de más de ocho años con la nueva legislación de aguas, difícilmente se puede justificar la actual falta de control por la Administración hidráulica (cf. Llamas, 1992 a). Un ejemplo paradigmático de la situación actual es la actuación tanto del MOPTMA como del Canal de Isabel II con motivo de la reciente sequía en Madrid (cf. Llamas, 1993 f).

Además, después de ocho años de la nueva Ley no sólo no sabemos todavía cuántos pozos hay en España, sino que probablemente no se ha censado en el Registro (de aguas públicas) o en el Catálogo (de aguas privadas) ni el 20 % de las captaciones existentes. Además, el sistema de censo de captaciones parece carecer de uniformidad. Cada Confederación Hidrográfica ha adoptado un sistema distinto para la informatización de estos datos. Lamentablemente se ha cumplido con creces lo que ya algunos advertimos antes y después de que se aprobara la nueva Ley de Aguas (cf. Llamas y Custodio, 1985; Llamas, 1988 y 1989).

En un plazo razonable es de esperar que vean la luz un artículo de Sahuquillo (1993) así como la versión final de un largo artículo (Llamas, 1993 e) enviado a la Revista de Obras Públicas hace tres meses en el que se trata con detalle muchos aspectos del tratamiento de las aguas subterráneas en el PHN. Entretanto, se remite al relativamente breve Comentario de Custodio (1993). Ahora parece oportuno resaltar los siguientes aspectos:

1) la evaluación de recursos subterráneos renovables está infravalorada. Probablemente son unos 30 km³/año y no 20 km³/año como indica el PHN (cf. Llamas 1991 c).

2) la sobreexplotación de los acuíferos está exagerada (cf. Custodio, 1993; Llamas, 1984, 1992 a y 1993 e).

3) la contaminación de los acuíferos es desde hace años el principal problema de la política hidráulica española (cf. Custodio, 1992 b; Llamas, 1974 b, 1981, 1991 a y b) y no está adecuadamente tratada.

4) la supuesta utilización (indirecta) de aguas subterráneas.

5) El interés teórico mostrado en el PHN en la conservación de humedales tiene poca relación con la política real seguida en los dos humedales principales de España (Doñana y Tablas de Daimiel) (cf. Suso y Llamas, 1990 y 1993). Por otra parte, se exige que los Planes de Cuenca incluyan los humedales de un Inventario nacional elaborado por la DGOH, que parece ser un documento interno con dudoso valor legal pues no ha sido sometido a información pública."

2.2 - Afecção dos recursos hídricos subterrâneos aos Planos de Bacia

Paralelamente e em coordenação com o PHNE foram recentemente aprovados ou estão em fase final de aprovação em Espanha os 12 planos de bacias intercomunitárias e os 4 planos de bacia intracomunitárias.

O Anexo nº2 do Anteprojecto de Lei apresenta as "unidades hidrogeológica intercuenas". Dos 444 aquíferos (oficialmente classificados) de Espanha, 19 dividem-se por áreas geográficas afectas a dois planos de bacia e um divide-se por áreas afectas a três planos de bacia (dos rios Tejo, Ebro e Jucar). O Art. 26. "asignación de recursos subterrâneos de unidades hidrogeológicas intercuenas" no seu nº 2 b) indica o seguinte: "... el total de los recursos asignables por cada cuenca afectada no superará al mayor de los valores correspondientes a la descarga natural del acuífero en la citada cuenca o la recarga directa sobre la misma".

2.3 - Avaliação da recarga anual média dos aquíferos espanhóis

No Quadro 1 (Cuadro 2 do Anexo "Las aguas subterrâneas. Situacion actual" da Memória do PHNE) podem observar-se os valores, apresentados por bacias hidrográficas, das recargas anuais médias. Como se indicou em 2.1 o valor total estimado para a recarga dos aquíferos de Espanha, igual a 20 000 hm³/ano, é contestado por diversos professores universitários, devendo ser de pelo menos 30 000 hm³/ano. Repare-se por exemplo que o Quadro 1 apresenta um valor de recarga anual de apenas 1 875 hm³ para os aquíferos da bacia do Douro com uma superfície de 53 623 km². Este valor implicaria uma recarga de apenas 35 mm/ano. Para comparação refere-se que por exemplo os valores apresentados para o Tejo são de 103 mm/ano, para o Guadiana I são de 58 mm/ano (valor também considerado muito baixo) e para o Guadiana II são de 163 mm/ano. Recentes cálculos da recarga dos aquíferos da península de Setúbal, desenvolvidos no LNEC no âmbito de um estudo da Hidrotécnica Portuguesa para a EPAL (cf. HP, 1993), que se basearam no novo método de avaliação regional da recarga de aquíferos apresentado por Vermeulen et al. (1993), estimam a recarga dos aquíferos dessa península em 164 mm/ano.

Além de os valores da recarga se afigurarem avaliados por defeito, acresce que na metodologia utilizada em Espanha, ao contrário da optada pelos restantes Estados-Membros da União Europeia a avaliação da recarga é apenas feita para as unidades hidrogeológicas oficiais, e não para todo o território espanhol. Surge assim a contradição de se não avaliar recarga de aquíferos, por exemplo em todo o território da Galícia, com cerca de 30 000 km² de área, mas se contabilizar no PHNE as extracções para abastecimento provenientes das águas subterrâneas nessa região. Só para a Galiza poder-se-iam estimar volumes anuais de recargas de cerca de 5 000 hm³/ano.

2.4 - Taxa de exploração das águas subterrâneas de Espanha

Na Memória do PHNE comenta-se o seguinte: "En definitiva, el volumen total utilizado - contando usos directos e indirectos -, asciende a casi 16 000 hm³ anuales, lo que representa un alto porcentaje de utilización si se compara con el valor de la recarga media anual en acuíferos (unos 20 000 hm³), en términos globales esto significa un porcentaje de uso en torno al 80% de los recursos renovables".

A consideração de que 10 600 hm³ dos cerca de 20 021 hm³ de recarga anual de aquíferos são directamente aproveitados pela rede fluvial a jusante, é de acordo com o apresentado em 2.1 conceptualmente incorrecto. A transmissividade dos aquíferos obviamente que não é infinita e a sua utilização (captação) num ponto do aquífero não afecta por isso (directamente) a rede fluvial a jusante.

Por outro lado o volume total avaliado para as reservas de águas subterrâneas de Espanha, até 300 m de profundidade, é de cerca de 400 km³, volume esse que corresponde a cerca de 8 vezes o volume do armazenamento em albufeiras previsto para 2012, de cerca de 54 km³. Evidentemente que se poderia tirar partido deste enorme volume hídrico para regularização sazonal ou interanual, através de uma planificação e gestão conjunta extracções/recargas artificiais, como por exemplo se pratica em larga escala em Israel.

Se se diminuïrem as taxas de exploração das águas subterrâneas e se se corrigirem as avaliações das recargas, disponibilizar-se-ão recursos hídricos adicionais, diminuindo-se obviamente a necessidade de recurso a transvases.

2.5 - Financiamento previsto para obras hidrogeológicas

O volume financeiro destinado às águas subterrâneas de 124 000 x 10⁶ de pesetas, corresponde apenas a 3,4% do volume total de investimentos previstos para o PNHE. Tal facto tem sido contestado em Espanha por se afigurar manifestamente insuficiente.

3. Incidência em Portugal do PHNE em relação às águas subterrâneas

3.1 - Aquíferos transfronteiriços

Só cinco dos 444 aquíferos classificados em Espanha são internacionais, localizando-se em zonas fronteiriças das bacias do Douro, do Tejo e do Guadiana. São os seguintes (Fig. 1):

Duero (02) - Aquífero 19, na região de Ciudad Rodrigo.

Tajo (03) - Aquífero 13, que se estende sob o rio Erges.

Guadiana (04) - Aquíferos 09 e 10, na região de Badajoz e Aquífero 12, na região de Ayamonte.

Na sua parte portuguesa estes aquíferos foram classificados por Lobo-Ferreira e Oliveira (1993), num estudo solicitado pela Comissão Europeia ao LNEC, do seguinte modo (Fig. 2):

Tejo 1 - correspondente ao aquífero 13 do Tejo espanhol

Alentejo 3 - correspondente aos aquíferos 09 e 10 do Guadiana espanhol

Algarve 5 - correspondente ao aquífero 12 do Guadiana espanhol

Não foi classificado o aquífero internacional do Douro em território português por aqui ter uma extensão inferior ao patamar considerado de 100 km² de área.

Nas Figs. 1 e 2 e nos Quadros 2 e 3, extraídos respectivamente de MOPU (1990) e de Lobo-Ferreira e Oliveira (1993), apresenta-se a localização e descrição dos aquíferos transfronteiriços luso-espanhóis.

No Quadro 4 (Cuadro 3 do Anexo da Memória do PHNE intitulado "Las águas subterrâneas. Situacion actual") apresentam-se os valores de "salidas no aproveitadas" - "rios" e "subterrâneas al mar", quantificando com uma ressalva de pé de quadro que os do Douro e do Tejo são "Acuíferos fronterizos com Portugal". Os volumes que, de acordo com o Quadro 4, beneficiam aquíferos portugueses são os seguintes:

Bacia do Douro - 10 hm³

Bacia do Tejo - 5 hm³

3.2 - Melhoria da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos

O Anexo nº 3 decreve as 49 "unidades hidrogeológicas de actuacion prioritaria a efectos del programa de actuaciones de mejora de la qualidade". Destes interessam às bacias hidrográficas que terminam em Portugal os seguintes:

Tejo - Unidade de Madrid-Talavera

Guadiana I - Unidades de Campo de Montiel e de Mancha Occidental

Guadiana II - Unidade de Ayamonte-Huelva

3.3 - Diminuição da sobreexploração dos aquíferos

No Anexo nº 4 apresentam-se as cem "unidades hidrogeológicas con problemas de sobreexplotacion". Interessam às bacias hidrográficas luso-espanholas as seguintes:

Douro - Paramo de Cuellar

Guadiana - Mancha Occidental

Guadiana I / Guadalquivir Campo de Montiel (Alto Guadiana)

Guadiana - Ayamonte-Huelva.

3.4 - Obras hidrogeológicas de interesse geral

No Anexo nº 6 apresenta-se o "Catálogo de obras de interes general". No que se refere às bacias internacionais luso-espanholas devem ser salientadas as seguintes obras:

Douro - Alto Duero-Riaza: aproveitamento conjunto de águas superficiais e subterrâneas;

Douro - Adaja-Cega-Bajo Duero: recarga de aquíferos, sistema Adaja-Cega.

Tejo - Cabecera del Tajo: bombagem do aluvião do Tejo em Arranjuez.

Guadiana I - Guadiana Alto - Jabalon: melhora do abastecimento dos núcleos abastecidos por aquíferos do montante da bacia, melhorias ambientais e recarga de aquíferos.

Guadiana II - vários aproveitamentos coordenados de águas superficiais e subterrâneas.

3.5 - Relação entre o volume de transferência para uma bacia e o volume superficial afluyente a Portugal

É importante reparar que as transferências de água (transvases) que incrementariam os caudais dos rios Tejo e Guadiana só são directamente utilizáveis pela rede fluvial portuguesa se não tiverem sido anteriormente utilizados para recarga de aquíferos espanhóis. Os volumes hídricos previstos para corrigir a sobreexploração de aquíferos através de recarga artificial, no valor total de 1 km³ são mais importantes nas unidades hidrogeológicas do sul da Península. De acordo com o Anteprojecto de Lei, cerca de 170 hm³/ano de águas serão transferidos da bacia do Tejo para a do Guadiana, para uma "Progresiva recuperación hidrológica ambiental de los acuíferos sobreexplotados de Las Tablas de Daimiel en la cabecera del Guadiana (170 hm³/ano)." Esses volumes embora entrando para o saldo hidrológico da bacia do Guadiana espanhol não chegarão a Portugal.

4. Conclusões

As conclusões da análise efectuada sobre o modelo conceptual e a metodologia de avaliação dos recursos hídricos subterrâneos de Espanha coincidem basicamente com os comentários já apresentados por Custodio (1993), que se transcrevem:

"1) la evaluación de recursos subterráneos renovables está infravalorada. Probablemente son unos 30 km³/año y no 20 km³/año como indica el PHN (cf. Llamas 1991 c).

2) la sobreexplotación de los acuíferos está exagerada (cf. Custodio, 1993; Llamas, 1984, 1992 a y 1993 e).

3) la supuesta utilización (indirecta) de aguas subterráneas" (que não é cientificamente correcta).

No PHNE não se quantificam, assim, adequadamente as reservas hídricas subterrâneas anualmente renováveis (recarga de aquíferos) aumentando-se artificialmente a necessidade de transvases por se substituírem reservas hídricas em regiões carenciadas. Por outro lado a afectação de reservas subterrâneas destinadas à produção hidroeléctrica, após a sua exurgência na rede hídrica fluvial, levanta sérias dúvidas de validade científica. Além da afectação não ser nem instantânea nem regional, i.e. em todo o aquífero, não é lícito supôr um uso consumptivo de 100% das extracções. Um significativo volume da água subterrânea captada para abastecimento doméstico, industrial e agrícola, eventualmente dá ordem dos 50%, deve voltar ao sistema hídrico após utilização, podendo ser utilizado posteriormente, nomeadamente para produção hidroeléctrica.

A influência directa das águas subterrâneas espanholas na alimentação de aquíferos portugueses é muito diminuta, da ordem de 15 hm³/ano, não tendo assim significado especial os aquíferos internacionais luso-espanhóis.

Por último deve ser realçado que parte dos volumes que o PHNE propõe transvasar anualmente para a cabeceira da bacia do Guadiana, da ordem de 170 hm³, se destinam

exclusivamente a repôr níveis piezométricos em aquíferos da região, não indo alimentar os volumes hídricos superficiais que afluem a Portugal.

BIBLIOGRAFIA

- Arenilla, M. 1993 - *El Plan Hidrológico Nacional y las Aguas Subterráneas* in *Revista de Obras Públicas*, Maio, pág. 65-72.
- Benet, J. 1992a - *Sequía y Crisis*. *El País* - Opinión, pag. 11, 31.V.92.
- Benet, J. 1992b - *Contestación a E. Custodio*. *El País*, 19.VI.93 (cuatro líneas).
- Custodio, E. 1992a - *Replica a J. Benet*. *El País* - Opinión, pag. 14, 1S.VI.93.
- Custodio, E. 1992b - *Groundwater Pollution in Spain: General Aspects*. *Journal of the Institute of Water and Environmental Management*, vol. 6, n° 4, pp. 452-458.
- Custodio, E. 1993 - *Comentario al artículo de M. Arenillas: El Plan Hidrológico Nacional y las Aguas Subterráneas*. *Revista de Obras Públicas* (en prensa).
- Hidrotécnica Portuguesa, 1993 - *Estudo de Caracterização dos Aquíferos e dos Consumos de Água na Península de Setúbal*. Lisboa, Dezembro de 1993.
- Llamas, M.R. 1974a - *Motivaciones extraeconómicas en la utilización de aguas subterráneas: La Hidroesquizofrenia*. *Revista Agua*, núm. 82, Barcelona, pp. 29-36.
- Llamas, M. R. 1974 b - *Es preciso investigar más la contaminación de las aguas subterráneas. Contaminación y Prevención*. Vol. 3, núm. 12, pp. 29-33.
- Llamas, M.R. 1981 - *Aspectos generales de la contaminación de las aguas subterráneas. Situación en España*. *Actas de las Jornadas sobre Análisis y Evolución de la Contaminación de Aguas Subterráneas en España*. Conferencia Inaugural, Barcelona, Octubre, pp. 9-27. Publicado también en *Estudios Territoriales*. CEOTMA, MOPU, (1982) núm. 5, pp. 125-135.
- Llamas, M.R. 1982 - *Repercusión a nivel nacional de la gestión del agua en la provincia de Madrid, Jornadas sobre la Protección de la calidad de las aguas de la provincia de Madrid*. Diputación de Madrid, Monografía núm. 2, El Agua en la Región, pp. 189-199.
- Llamas, M.R. 1983b - *The Role of Groundwater in Spain's Water Resources Policy*, *Proceed. of the Fourteenth Biennial Conference on Ground Water*, California Water Resources Center, Report núm. 56, pp. 18-36.
- Llamas, M.R. 1984 - *Política Hidráulica y Génesis de Mitos Hidráulicos en España*. *Simposio Nacional sobre las Bases para el Establecimiento de Políticas Hidráulicas* (Santander, 12-16 noviembre 1984), pp. 83-96. Publicado también en *CIMBRA*, núm. 218, Diciembre 1984, pp. 16-25, y en *ALQUIBIA*, núm. 7, 1985, pp. 10-18 (Asociación Española de Limnología).
- Llamas, M.R. 1988 - *Evolución del aprovechamiento y del conocimiento de las Aguas Subterráneas en España*. *Jornadas sobre la Aplicación de la Nueva Ley de Aguas en la Gestión de las Aguas subterráneas*. Zaragoza, 6-8 Julio 1988, Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos, pp. 3-32.
- Llamas, M.R. 1989 - *Consideraciones sobre la aplicación de la Ley de Aguas de 1985 a la Gestión de las Aguas Subterráneas*. *Jornadas Jurídico-Técnicas sobre las Aguas Subterráneas en la Nueva Legislación de Aguas*. Vol. 1, 2a ponencia, 40 p. Fundación Universidad Empresa. Madrid.
- Llamas, M.R. 1991a - *The future of groundwater: a forecast of its exploitation and quality compared with past exploitation*. Conference "invitée" en XXI Journées de l'Hydraulique (Sophia-Antipolis, 29-31 Janvier, 1991), Les Eaux Souterraines et la Gestion des Eaux, Question IV, pp. IV.2.1.-8.
- Llamas, M.R. 1991b - *Evolución y Tendencias de la Hidrogeología en España*, en *Curso Intemacional de Hidrología Subterránea: Hidrogeología Estado actual y Proyectiva* (edit. Anguita, Aparicio, Candela y Zurbano), Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Barcelona, pp. 371-379.
- Llamas, M.R. 1991 c - *Consideraciones iniciales sobre el pasado, presente y futuro de las aguas subterráneas en España*, *Revista de Obras Públicas*, Diciembre, pp. 712.
- Llamas, M. R. 1992a - *La Sobreexplotación de Aguas Subterráneas: ¿Bendición, Maldición o Entelequia?*. *Riegos y Drenajes*, núm. 61, pp. 17-33.
- Llamas, M.R. 1992b - *A água - escassez ou mau uso?*. *Colóquio/Ciências*. *Revista de Cultura Científica*. Fundação Calouste Gulbenkian - Lisboa, Vol. 4, núm. 12, pp. 52-68.
- Llamas, M.R. 1993 - *Comentarios para la 1ª Sesión de las Jornadas sobre Planificación Hidrológica. Demanda Y Oferta de Recursos. Las Previsiones del Plan Hidrológico Nacional*, in "Jornadas sobre Planificación Hidrológica. Plan Hidrológico Nacional", organizadas pelo Colégio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 13 a 16 Diciembre 1993.

- Llamas, M.R. 1993e - *El Plan Hidrológico Nacional y las Aguas Subterráneas. Otro Punto de Vista*. Enviado à Revista Obras Públicas.
- Llamas, M.R. 1993f - *Seqüía, elevación de tarifas de agua y uso de aguas subterráneas en la Comunidad de Madrid. Equipamientos y Servicios Municipales*, Septiembre/Octubre, pp. 23-34.
- Llamas, M.R. e Custodio, E. 1985 - *El proyecto de Ley de Aguas. Informe CientíficoTécnico*. Instituto de Estudios Económicos, 82 p.
- Llamas, M.R., Back, W. and Margat, J. 1992 - *Groundwater use: equilibrium between social benefits and potential environmental costs*. *Applied Hydrogeology*, Heise Verlag, Vol. 1, núm. 2, pp. 3-14.
- Lobo-Ferreira, J.P. e Oliveira, M. 1993 - *Desenvolvimento de um Inventário das Águas Subterrâneas de Portugal. Caracterização dos Recursos Hídricos Subterrâneos e Mapeamento DRASTIC da Vulnerabilidade dos Aquíferos de Portugal*. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Relatório N° 179/93 - GIAS.
- Ministério de Obras Públicas y Transportes, 1993a - *Plan Hidrológico Nacional. Memoria*". Madrid, Abril de 1993.
- Ministério de Obras Públicas y Transportes, 1993b - *Anteproyecto de Ley del Plan Hidrológico Nacional*". Madrid, Abril de 1993.
- Ramos, C.A. Matias, Rocha, J.S. e Santos, M.A., 1994 - *Análise do Plano Hidrológico Nacional de Espanha. Apreciação geral e análise sumária das consequências*. 1º Relatório. Volumes I e II - Texto e Anexos. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Relatório 36/94 - DH.
- Sahuquillo, A. 1993 - *El Tratamiento de las Aguas Subterráneas en el Plan Hidrológico Nacional*. Enviado à Revista Obras Públicas.
- Suso, J.M. e Llamas, M.R. 1990 - *El impacto de la extracción de aguas subterráneas en el Parque Nacional de Doñana*. *Estudios Geológicos*, Vol. 46, núm. 3-4, pp. 317-345.
- Suso, J. and Llamas, M.R. 1993 - *Influence of groundwater development on the Doñana National Park ecosystems (Spain)*. *Journal of Hydrology*, Vol. 141, pp. 239-269.
- Vermeulen, H., Lobo-Ferreira, J.P. e Oliveira, M., 1993 - *A Method for Estimating Aquifer Recharge in DRASTIC Vulnerability Mapping*, in *Seminário Águas Subterráneas e Ambiente*. Lisboa, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos.

Quadro 1 - Unidades hidrogeológicas definidas em Espanha. Resumo das suas características

UNIDADES HIDROGEOLOGICAS DEFINIDAS. RESUMEN DE CARACTERISTICAS

PLAN HIDROLOGICO	NUMERO UNIDADES HIDROGEOLOGICAS ⁽¹⁾	SUPERFICIE (km ²)	RECARGA ANUAL (hm ³)	BOMBEO (hm ³ /año)
NORTE I	0	--	--	--
NORTE II	16	5 518	2 644	19
NORTE III	8	1 491	331	32
DUERO	21	53 623	1 875	373
TAJO	12	15 961	1 645	164
GUADIANA I	11	11 360	656	738
GUADIANA II	2	600	98	33
GUADALQUIVIR	49	13 811	2 085	356
GUADALETE-BARBATE	12	1 486	230	94
SUR	47	3 138	1 160	424
SEGURA	32	8 603	548	466
JUCAR	52	24 782	3 505	1 440
EBRO	45	16 770	2 923	209
CATALUÑA. CUENCAS INTERNAS	30	6 463	1 036	447
BALEARES	35	3 618	585	283
CANARIAS	72	--	700	350
TOTALES	444	167 224	20 021	5 428

⁽¹⁾ Las unidades compartidas se han asignado, a estos efectos, a una única cuenca.

(Extraído de MOPU 1990)

Quadro 2 - Classificação dos sistemas hidrogeológicos de Espanha e sua caracterização

02. CUENCA DEL DUERO

UNIDAD HIDROGEOLOGICA Nº y denominación	SUPERFICIE AFLORENTE ALTA PERMEAB. (Km ²)	EDAD DE LAS FORMACIONES ACUIFERAS	INFILTRAC. LLUVIA Y CAUCES (Hm ³ /año)	INFILTRAC. EXCEDENTES DE RIEGO (Hm ³ /año)	TRANSF. SUBT. DE OTRAS UNID. (Reg. natural) (Hm ³ /año)	TRANSF. SUBT. A OTRAS UNID. (Reg.) (Hm ³ /año)	BOMBEO (*) AGUA SUBTERRANEA (Hm ³ /año)	SALINIDAD T.S.D. (ppm)
01. LA ROBLA-GUARDO	30	Cretácico	12	—	—	—	2,7	150-650
02. QUINTANILLA-PEÑA- HORADADA-ATAPUER- CA	125	Cretácico	20-25	—	—	—	2,7	150-650
03. RANAS DEL ORBIGO- ESLA	950	Plioceno	33	—	—	—	—	500 máx.
04. RANAS DEL ESLA- CEA	545	Plioceno	19	—	—	—	1	500 máx.
05. RANAS DEL CEA-CA- RRION	550	Plioceno	19	—	—	—	0,1	500 máx.
06. REGION DE ESLA- VALDERADUEY	16.370	Terciario	179	—	10	—	70	150-3.000
07. PARAMO DE TORO- ZOS	975	Terciario	50	—	—	—	6-9	500-6.000
08. CENTRAL DEL DUE- RO	6.634	Terciario	—	—	6	1	5	500-5.000
09. BURGOS-ARANDA	8.456	Terciario	131	—	105	6	11	150-2.000
10. ARLANZA-UCERO- AVION	1.463	Cretácico	220	—	—	120	1	400-821
11. MONCAYO-SORIA	1.000	Juras.Cret.	60-90	—	—	40-70	1,3	26-2.830
12. ALUVIALES DUERO Y AFLUENTES	—	Cuaternario	—	—	—	—	—	—
13. PARAMO DE CUELLAR	555	Terciario	66	—	—	—	11	500-5.000
14. PARAMO DEL DURA- TON	310	Terciario	36	—	9	—	—	150-2.000
15. CUBETA DE ALMA- ZAN	3.100	Mioc.—Paleog.	150	—	90	239	3	—
16. ALMAZAN SUR	—	Jur-Cret.Terc.	220	—	—	—	10-16	400-281
17. REGION DE LOS ARE- NALES	6.000	Terciario-Q	430	—	10-15	—	210	300-4.000
18. SEGOVIA	1.987	Cret .Terc.-Q	74	—	12,8	4,7	8,4	170-602
19. CIUDAD RODRIGO-SA- LAMANCA	4.373	Terciario	110	—	—	10	20	400
20. CORNEJA	65	Terciario-Q	—	—	—	—	—	—
21. VALLE DE AMBLES	235	Terciario-Q	28	1	—	—	5	250-500

* Datos correspondientes a años distintos en función de la información disponible.

(Extraído de MOPU 1990)

Quadro 2 - Classificação dos sistemas hidrogeológicos de Espanha e sua caracterização (continuação)

03. CUENCA DEL TAJO

UNIDAD HIDROGEOLOGICA Nº y denominación	SUPERFICIE AFLOANTE ALTA PERMEAB. (Km ²)	EDAD DE LAS FORMACIONES ACUIFERAS	INFILTRAC. LLUVIA Y CAUCES (Hm ³ /año)	INFILTRAC. EXCEDENTES DE RIEGO (Hm ³ /año)	TRANSF. SUBT DE OTRAS UNID. (Reg. natural) (Hm ³ /año)	TRANSF. SUBT A OTRAS UNID. (Reg.) (Hm ³ /año)	BOMBEO (*) AGUA SUBTERRANEA (Hm ³ /año)	SALINIDAD T.S.D. (ppm)
01. ALBARRACIN-CELLA-MOLINA DE ARAGON	990	Trías-Juras.	173	—	—	5	—	200-650
02. TAJUÑA-MONTES UNIVERSALES	2.900	Jurás-Cret.	642	0	—	—	—	250-500
03. TORRELAGUNA-JADRAQUE	140	Cretácico	15	0	—	—	—	220-575
04. GUADALAJARA	1.800	Terciario Q	40	—	—	5	13,5	234-2.823
05. MADRID-TALavera	6.300	Terciario Q	410-435	—	—	—	150	700-2.000
06. LA ALCARRIA	2.200	Terciario Q	145	—	—	—	—	250-5.082
07. ENTREPEÑAS	175	Juras-Cretac	15	0	—	—	—	210-3.300
08. OCAÑA	—	Mio-Plio Q	—	65	—	—	—	300-5.300
09. TIETAR	1.600	Terc-Plio Q	—	200	—	—	—	400-700
10. TALAVAN	—	Terciario	5	0	—	—	0,2	196-1.168
11. ZARZA DE GRANADILLA	46	Terciario Q	5	0	—	—	0,2	—
12. GALISTEO	600	Terciario-Q	—	60	—	—	—	196-1.168
13. MORALEJA	200	Terc.-Plio.Q-Q	—	28	—	—	—	—

* Datos correspondientes a años distintos en función de la información disponible.

04. CUENCA DEL GUADIANA

UNIDAD HIDROGEOLOGICA Nº y denominación	SUPERFICIE AFLOANTE ALTA PERMEAB. (Km ²)	EDAD DE LAS FORMACIONES ACUIFERAS	INFILTRAC. LLUVIA Y CAUCES (Hm ³ /año)	INFILTRAC. EXCEDENTES DE RIEGO (Hm ³ /año)	TRANSF. SUBT DE OTRAS UNID. (Reg. natural) (Hm ³ /año)	TRANSF. SUBT A OTRAS UNID. (Reg.) (Hm ³ /año)	BOMBEO (*) AGUA SUBTERRANEA (Hm ³ /año)	SALINIDAD T.S.D. (ppm)
01. SIERRA DE ALTOMIRA	2.500	Jur-Cret-Ter	125	0	—	10	20	210-3.300
02. LILLO-QUINTANAR	—	Terciario	54	—	—	—	24	300-5.300
03. CONSUEGRA-VILLACAÑAS	—	Camb-Terc-Plio.Q	54	—	—	—	24	210-3.300
04. MANCHA OCCIDENTAL	5.000	Mesoz-Ter-Plio-Q	260	20	60	—	580	180-6.210
05. CIUDAD REAL	—	Terc-Plio-Q	—	—	—	—	52	2.500 máx.
06. CAMPOS DE MONTIEL	2.700	Jur-Cret-Plio-Q	126	—	—	40	35	200-3.500
07. BULLAQUE	750	Neog-Plio-Q	17	—	—	—	3	144-700
08. VEGAS ALTAS	110	Cuaternario	—	—	—	—	—	—
09. VEGAS BAJAS	300	Cuaternario	—	—	—	—	—	—
10. TIERRA DE BARROS	—	Terc-Plio.Q	—	—	—	—	—	—
11. ZAFRA-OLIVENZA	—	Cámbrico	—	0	—	—	—	195-870
12. AYAMONTE-HUEVA	600	Mioceno	98	—	—	—	33	170-5.700

* Datos correspondientes a años distintos en función de la información disponible.

(Extraído de MOPU 1990)

Quadro 3 - Proposta de classificação dos sistemas hidrogeológicos de Portugal Continental e sua caracterização

Região hidrográfica	Referência	Sistema hidrogeológico	Stratigrafia	Litologia	Área aflorante (km ²)
Centro	C-1	Baixo Vouga	- Plio-Quaternário - Cretácico - Jurássico	- aluviões, areias de duna - arenitos, calcários, argilas - margas, calcários margosos, calcários dolomíticos	1450
	C-2	Moodego	- Plio-Quaternário - Cretácico - Jurássico	- aluviões - arenitos - argilas, margas, calcários e calcários margosos	580
	C-3	Nazaré-Figueira da Foz	- Plio-Quaternário - Miocénico - Cretácico - Jurássico	- areias e aluviões - arenitos - calcários, calcários margosos, margas e argilas - arenitos	1250
	C-4	Sicó-Alvaiázere	- Jurássico	- calcários, calcários margosos, margas e algumas arenitos	470
	C-5	Vila Nova de Ourém	- Cretácico	- arenitos, conglomerados e areias, calcários e calcários margosos	410
	C-6	Leiria-Batalha	- Jurássico, Cretácico, Paleogénico e Miocénico	- arenitos, calcários, areias e argilas	120
	C-7	Serras de Aire e Cadaquero	- Jurássico	- calcários, calcários margosos, arenitos e arenitos argilosos	770
Tejo	T-1	Formações de Cobertura da Beira Baixa	- Paleogénico e Miocénico indiferenciados	- areias e conglomerados	620
	T-2	Alcanos	- Cretácico e Paleogénico indiferenciados	- calcário compacto, margas, calcário margoso, arenitos argilosos, conglomerados argilosos	100
	T-3	Orla ocidental	- Jurássico, Cretácico, Miocénico	- calcários, margas, arenitos, calcários margosos	2640
	T-4	Vale Tifloico das Caldas da Rainha	- Jurássico inferior	- margas, rochas evaporíticas	150
	T-5	Margem direita do Tejo	- Miocénico	- cascalheiras, areias, arenitos e argilas	1400
	T-6	Aluviões do Tejo	- Quaternário	- areias	910
	T-7	Margem esquerda do Tejo	- Mio-Pliocénico	- arenitos, conglomerados, areias, cascalheiras	4640
	T-8	Bacia periférica sedimentar do Tejo	- Paleogénico e Miocénico indiferenciados	- arenitos argilosos, argilas arenosas, areias	5050
	T-9	Serra da Arrábida	- Jurássico, Cretácico e Paleogénico	- calcários, arenitos e margas	140
Alentejo	A-1	Estremoz-Vila Viçosa	- Cambriano	- calcários cristalinos	130
	A-2	Elvas-Vila Boim	- Cambriano	- calcários cristalinos	110
	A-3	Bacias dos Rios Xílvora e Caia	- Quaternário e Terciário	- formações detriticas	180
	A-4	Orla ocidental do Alentejo	- Plio-Quaternário	- formações detriticas	110
	A-5	Santiago do Cacém-Sines	- Jurássico - Miocénico	- margas calcários e dolomias - arenitos e argilas	140
	A-6	Orla ocidental do Alentejo	- Plio-Quaternário	- formações detriticas	100
	A-7	Orla ocidental do Alentejo	- Plio-Quaternário	- formações detriticas	200
	A-8	Depósitos a sul de Mourão	- Terciário	- formações detriticas	120
	A-9	Depósitos de Mourão	- Terciário	- formações detriticas	260
	A-10	Gabro-dioritos de Beja	- orogénia Hercínica	- gabros e dioritos	310
Algarve	ALG-1	Jurássico do Algarve central	- Jurássico inferior e médio	- dolomitos e calcários dolomíticos cristalinos	250
	ALG-2	Jurássico do Algarve ocidental	- Jurássico	- dolomitos, calcários dolomíticos e cristalinos, margas	110
	ALG-3	Costeiro Algarve ocidental	- Miocénico	- calcarenitos, calcários e arenitos	230
	ALG-4	Jurássico superior do Algarve	- Jurássico superior	- calcários, por vezes margosos, compactos	530
	ALG-5	Costeiro Algarve central e oriental	- Miocénico	- calcarenitos, calcários e arenitos	260
Norte, Centro, Tejo, Alentejo e Algarve	MA	Mação Antigo (interesse local)	- Ante-Mesozóico	- Rochas metamórficas e ígneas: xistos, metagrauwauques, quartzitos, granitos, granodioritos e pórfiros	56325

(Extraído de Lobo-Ferreira e Oliveira 1993)

Quadro 4 - Utilização das águas subterrâneas de Espanha e suas descargas naturais

UTILIZACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS Y DE SUS
DESCARGAS NATURALES (hm³/año)

CUENCA HIDROGRAFICA	RECARGA ANUAL	USOS		SALIDAS NO APROVECHADAS	
		DIRECTOS	ASOCIADOS A LA DESCARGA NATURAL	RIOS	SUBTERRANEAS AL MAR
NORTE*	2 975	51	604 (A,I)	2 200	120
DUERO	1 875	373	1 492 (H, R, A)	—	10 ⁽¹⁾
TAJO	1 645	164	1 476 (H, R, A)	—	5 ⁽¹⁾
GUADIANA	754	771	183 (R)	—	40
GUADALQUIVIR	2 315	450	1 550 (R, A)	260	65
SUR	1 160	424	492 (R, A, H)	200	80
SEGURA	548	466	367 (R, A)	—	10
JUCAR	3 505	1 440	1 485 (R, H, A)	420	215
EBRO	2 923	209	2 499 (R, H, A)	175	40
CATALUÑA. CUENCAS INTERNAS	1 036	447	374 (A, R)	110	115
BALEARES	585	283	50	116	150
CANARIAS	700	350	50 (R)	70	230
TOTAL	20 021	5 428	10 622	3 551	1 080

* Incluye Galicia Costa; A = Abastecimiento; R = Riegos; H = Hidroelectricidad; I = Industria.

(1) Acuíferos fronterizos con Portugal.

(Extraído de MOPU 1990)

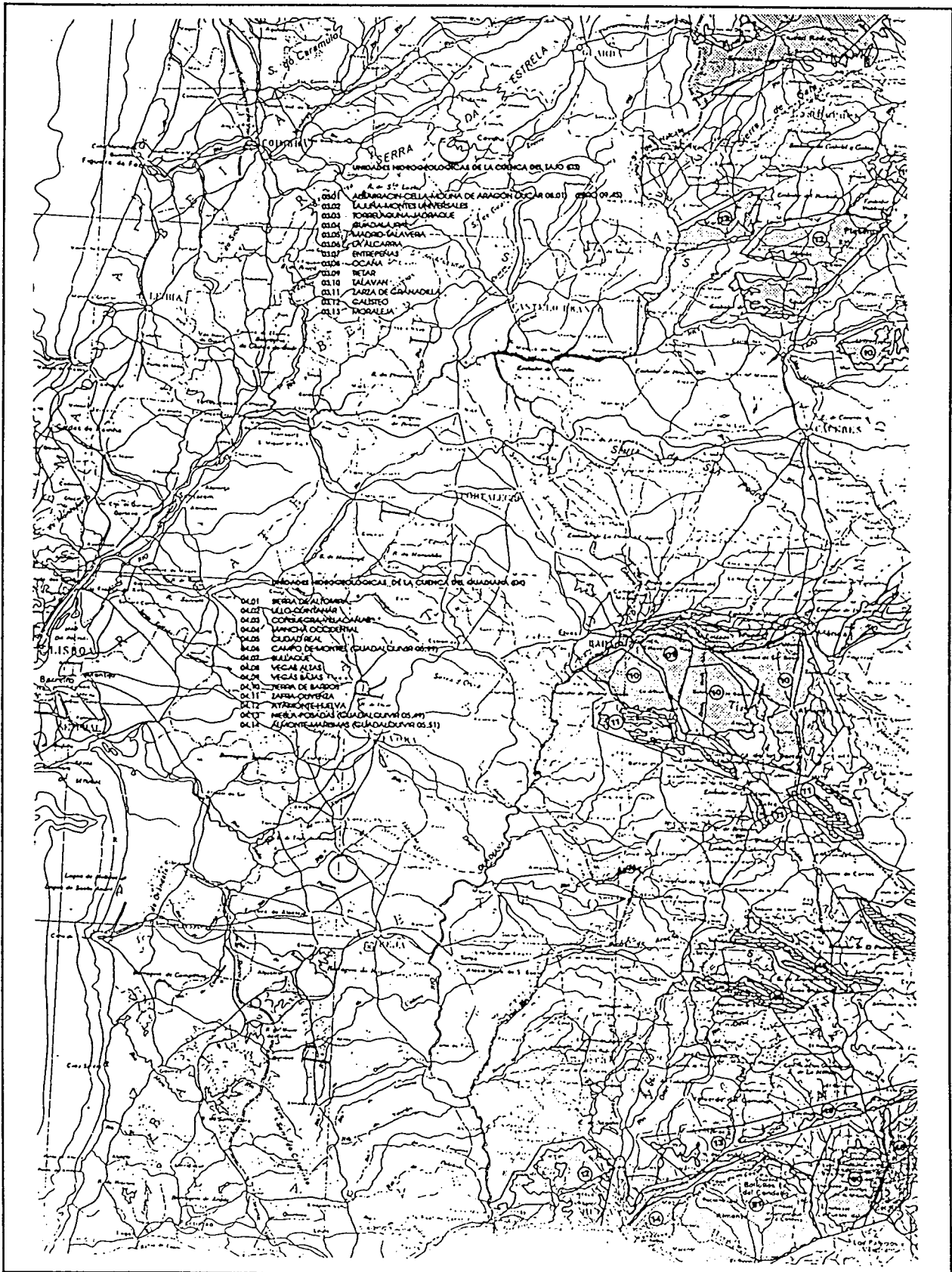


Fig. 1 - Localização dos aquíferos transfronteiriços luso-espanhóis, no mapa de classificação dos aquíferos de Espanha

(Excerto de um mapa de MOPU, 1990)

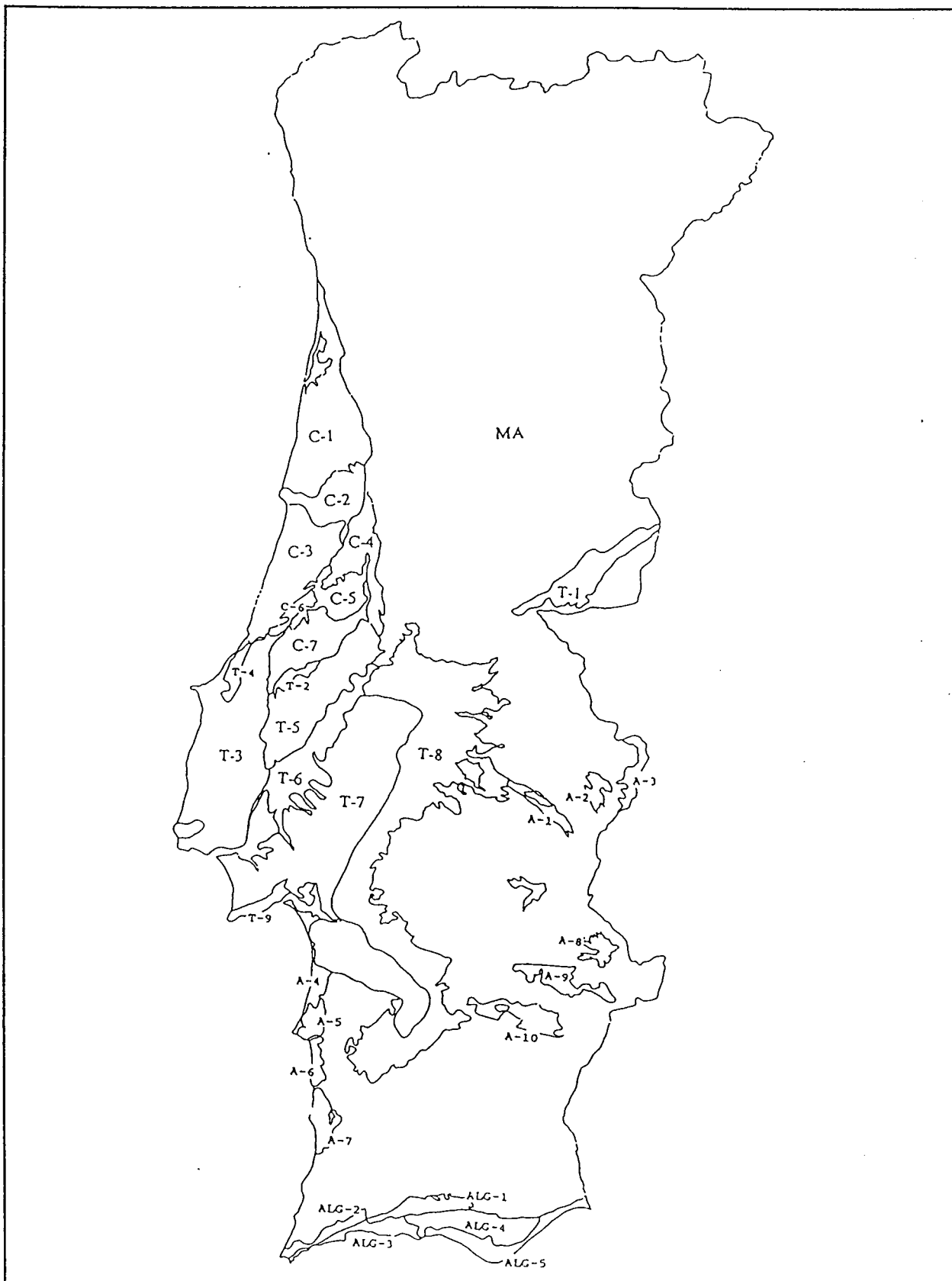


Fig. 2 - Localização dos aquíferos transfronteiriços luso-espanhóis, na proposta de classificação dos sistemas aquíferos de Portugal Continental

(Extraído de Lobo-Ferreira e Oliveira, 1993)