

Figura 114. Series de aportaciones anuales en régimen natural (periodo 1940/41-1995/96) para los distintos ámbitos de la planificación hidrológica

Ambas funciones muestran la aparente inexistencia de dependencia temporal de las aportaciones totales anuales, lo que significa, como antes, que no puede mejorarse la predicción de la aportación total del año siguiente considerando la de los anteriores, pues cada año es independiente del anterior, y se trata de un fenómeno sin memoria. Físicamente esto significa que la componente hidrogeológica global en la península no es suficiente para generar persistencias significativas de caudales más allá de un año, o dicho de otra forma y simplificada, la España silíceo domina a la calcárea en la pro-

ducción de las escorrentías globales a escala anual. Como es lógico, y veremos más adelante, este resultado global presenta algunas diferencias territoriales.

Asimismo se confirma que, como en el caso de las lluvias, no hay ciclos de caudales plurianuales de naturaleza periódica, lo que resulta esperable considerando que, como ya hemos reiterado, las lluvias son las que los generan y controlan.

Entrando en el análisis de las diferencias territoriales de las series anuales, y con objeto de apreciar visual-

Ámbito de Planificación	Mínimo	Medio	Máximo	Máx/Mín	Coef. de variación	Coef. de sesgo	1 ^{er} coef. de autocorrelac.
Norte I	5.062	12.689	24.087	4,8	0,38	0,68	0,10
Norte II	6.286	13.881	21.704	3,5	0,22	-0,15	0,19
Norte III	2.195	5.337	8.710	4,0	0,24	-0,13	0,18
Duero	4.926	13.660	30.393	6,2	0,47	0,80	0,09
Tajo	2.475	10.883	30.690	12,4	0,56	0,75	0,14
Guadiana I	260	4.414	12.403	47,8	0,81	0,67	0,18
Guadiana II	46	1.061	3.734	80,6	0,88	1,01	0,09
Guadalquivir	436	8.601	26.157	60,0	0,77	0,91	0,30
Sur	122	2.351	7.271	59,6	0,71	1,35	0,20
Segura	294	803	1.725	5,9	0,36	1,00	0,40
Júcar	1.564	3.432	6.669	4,3	0,34	0,79	0,46
Ebro	8.815	17.967	32.771	3,7	0,29	0,57	0,39
C. I. Cataluña	912	2.787	7.033	7,7	0,54	0,93	0,00
Galicia Costa	5.360	12.250	21.087	3,9	0,33	0,35	0,10
Península	50.178	110.116	221.166	4,4	0,35	0,66	0,19
Baleares	175	661	2.320	13,2	0,63	1,59	0,45
Canarias	37	409	1.310	35,2	0,72	1,51	0,27
España	50.390	111.186	224.796	4,4	0,35	0,65	0,19

Tabla 16. Estadísticos básicos de las series de aportaciones totales anuales correspondientes al periodo 1940/41-1995/96, en cada uno de los ámbitos territoriales de la planificación hidrológica

mente los órdenes de magnitud relativos, la figura 114 muestra las series anuales de aportaciones ($\text{hm}^3/\text{año}$) en régimen natural para los distintos ámbitos de la planificación hidrológica.

Con objeto de hacerlas visibles, y percibir sus enormes diferencias relativas, se han separado en tres grupos, cada uno de cuyas escalas sucesivas es, como puede verse, del orden de la tercera parte de la anterior.

Asimismo, y como se hizo anteriormente con las precipitaciones, la tabla adjunta ofrece distintos estadísticos básicos de las series de aportaciones anuales, para el mismo periodo anterior, en cada uno de los ámbitos territoriales de la planificación hidrológica.

En esta tabla destaca la gran variabilidad temporal de las aportaciones anuales en las cuencas del Guadiana, Guadalquivir y Sur, muy superior a la de otras cuencas también semi-áridas como las del Júcar o Segura, donde -pese a que, como vimos, la variabilidad de las lluvias anuales es similar- la variabilidad de las aportaciones es menor debido a la mayor importancia de sus acuíferos, que actúan como filtros naturales reguladores de las lluvias. El examen visual de las series permite verificar este efecto (tabla 16).

En la figura 115 se representa la distribución espacial del coeficiente de variación de la escurriencia anual, expresado en tanto por ciento. Los valores correspondientes a las celdas del territorio mostrados en esta figura presentan, como es lógico, valores de este coeficiente superiores a los que se obtienen en el conjunto de cada uno de los ámbitos según la tabla anterior, pues al agregar territorialmente el efecto de variabilidad queda suavizado.

Los valores de los coeficientes de sesgo de la escurriencia anual mostrados en la tabla anterior adoptan en general valores positivos y mayores que los obtenidos para las precipitaciones, lo que indica que todavía es mayor que en éstas la asimetría y, por tanto, la probabilidad de presentación de valores anuales inferiores a la media que superiores.

En cuanto a la autocorrelación temporal, ya se dijo que no existía a la escala global, pero si se observan los coeficientes de autocorrelación de los distintos ámbitos se comprueba que existen cuatro cuencas donde resultan ser significativos, y son, por orden de persistencia, Júcar, Segura, Ebro y Guadalquivir. Lo que antes se dijo respecto a la España calcárea se manifiesta ahora con toda claridad, pues éstas son cuencas con una importante componente subterránea que filtra las precipitaciones y las rezaga en el tiempo, lo que genera mayor autodependencia temporal de sus series, y, en definitiva, persistencia y mayor predictibilidad.

En la figura 116 se muestra la autocorrelación de las series de aportaciones anuales totales en distintos ámbitos territoriales, pudiendo apreciarse la diferencia antedicha.

Obviamente, estos resultados corresponden a las escurriencias totales de los ámbitos territoriales, pero dentro de cada ámbito pueden darse diferencias significativas. Es el caso, por ejemplo, del río Tajo, en cuya cabecera domina un régimen pluvio-nival controlado por formaciones calizas que da lugar a máximos mensuales en marzo, autocorrelaciones significativas de sus aportaciones anuales y correlaciones cruzadas significativas con las aportaciones de la cabecera del

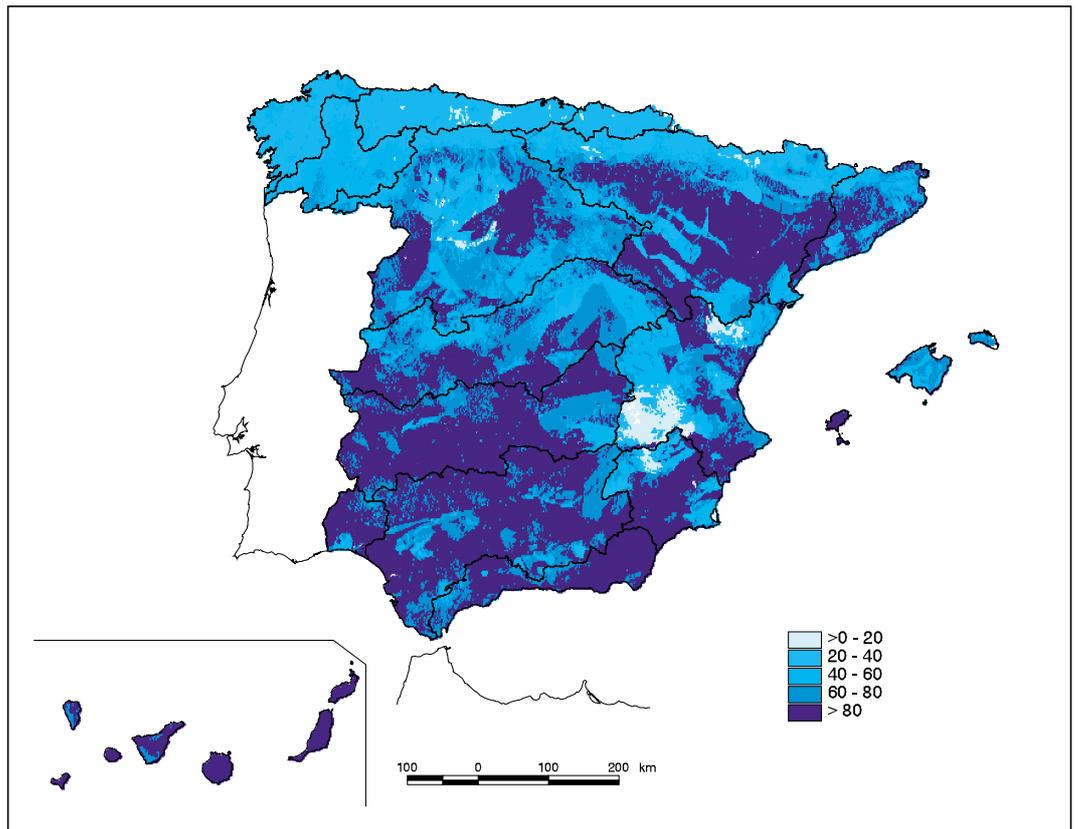


Figura 115. Mapa del coeficiente de variación (%) de la escorrentía anual en el periodo 1940/41-1995/96

Segura (Cabezas, 1986). En Toledo el río sigue mostrando el mismo régimen de máximos mensuales, pero con mayor variabilidad (quizá por la ausencia ya de los controles geológicos del curso alto). En Alcántara, la autocorrelación de cabecera se ha desvanecido y se presentan fuertes estiajes.

Avanzando en el estudio de la estructura espacio-temporal de las aportaciones, y análogamente a como se hizo en el análisis de las lluvias, la tabla 17 muestra la matriz

de correlación de las aportaciones anuales, para el periodo 1940/41-1995/96, en los distintos ámbitos. Como antes, de forma compacta en la mitad inferior y diagonal se muestran los coeficientes de correlación, y en la superior una estimación de las probabilidades asociadas a estos coeficientes (1 implica no correlación y 0 implica correlación significativa).

La comparación de esta tabla con la anteriormente ofrecida para las precipitaciones muestra, como era de

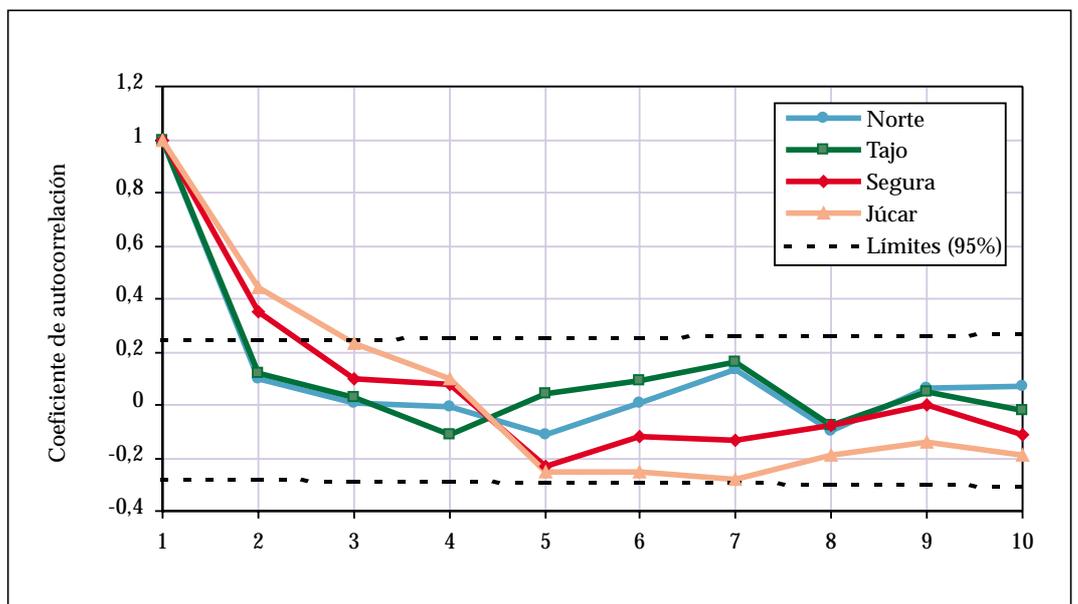


Figura 116. Correlogramas de las series de aportaciones anuales totales en distintos ámbitos territoriales

	GAC	NO1	NO2	NO3	DUE	TAJ	GN1	GN2	GUV	SUR	SEG	JUC	EBR	CIC	BAL	CAN
GAC	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0.28	1	1	0	1	1	1
NO1	0.88	1	0	1	0	0	0	0	0	0.01	1	1	0	1	1	1
NO2	0.58	0.67	1	0	0	0.05	0.35	1	0.35	1	1	1	0	1	1	1
NO3	0.25	0.21	0.76	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.03	1	1	1
DUE	0.78	0.89	0.54	0.1	1	0	0	0	0	0	0.75	1	0	1	1	1
TAJ	0.64	0.8	0.45	0.04	0.93	1	0	0	0	0	0.05	1	0	1	1	1
GN1	0.7	0.77	0.39	0.03	0.87	0.91	1	0	0	0	0.04	0.98	0	0.24	1	1
GN2	0.55	0.58	0.2	-0.13	0.73	0.8	0.9	1	0	0	0.99	0.47	0	0.11	1	0.08
GUV	0.67	0.73	0.39	0.01	0.81	0.84	0.95	0.88	1	0	0.02	0.55	0	0.03	1	1
SUR	0.4	0.5	0.2	-0.15	0.64	0.75	0.84	0.87	0.89	1	0.01	0.09	0.05	0.33	1	1
SEG	0.2	0.34	0.11	-0.09	0.36	0.46	0.46	0.35	0.48	0.51	1	0	1	1	1	1
JUC	0.22	0.2	-0.01	-0.12	0.28	0.35	0.35	0.38	0.37	0.44	0.68	1	1	1	1	1
EBR	0.68	0.77	0.74	0.48	0.77	0.72	0.67	0.53	0.67	0.46	0.24	0.27	1	0	1	1
CIC	0.3	0.32	0.25	0.06	0.3	0.33	0.4	0.43	0.47	0.39	0.14	0.32	0.58	1	1	1
BAL	-0.09	0.06	0.2	0.1	-0.05	0.05	-0.01	-0.05	0.04	0.05	0.22	0.3	0.15	0.34	1	1
CAN	0.15	0.07	0.04	-0.03	0.22	0.25	0.25	0.44	0.22	0.33	-0.03	0.14	0.07	0.16	-0.16	1

Tabla 17. Matriz de correlación de las aportaciones anuales por ámbitos de planificación hidrológica

esperar, grandes coincidencias, las agregaciones regionales resultan para las aportaciones son también las mismas que antes.

Asimismo, y como se hizo con la pluviometría, puede estudiarse ahora la interesante cuestión de las rachas húmedas y secas desde el punto de vista de los caudales, y a escala regional. Para ello, se han construido las curvas de desviaciones unitarias acumuladas de las aportaciones totales en régimen natural para las distintas regiones, ofrecidas conjuntamente en la figura 117.

Un primer examen de este gráfico muestra que, como sucedía con las lluvias, y en lógico paralelismo con aquéllas, existen en apariencia diferencias regionales que hacen que las secuencias de rachas de caudales en las distintas cuencas no resulten ser las mismas. Una

inspección más detallada permite diferenciar las situaciones mostradas en los gráficos de la figura 118, en los que se han representado también las curvas correspondientes a las precipitaciones regionales.

En total paralelismo con las lluvias, la mayoría de las cuencas (Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Sur, Ebro, C.I. de Cataluña, Norte I, Galicia Costa y Baleares) ha seguido un patrón muy similar, que es, sensiblemente, el que se ofreció antes como representativo de la media global del país, pero hay tres regiones (Levante, Norte y Canarias) que parecen haber seguido patrones diferentes a éste, y diferentes entre sí.

Asimismo, se observa cómo desde finales de los 70 hay una racha de caudales seca, más o menos exacerbada, en todas las regiones, y con algún altibajo en el periodo 1985-90, a partir del cual es completamente

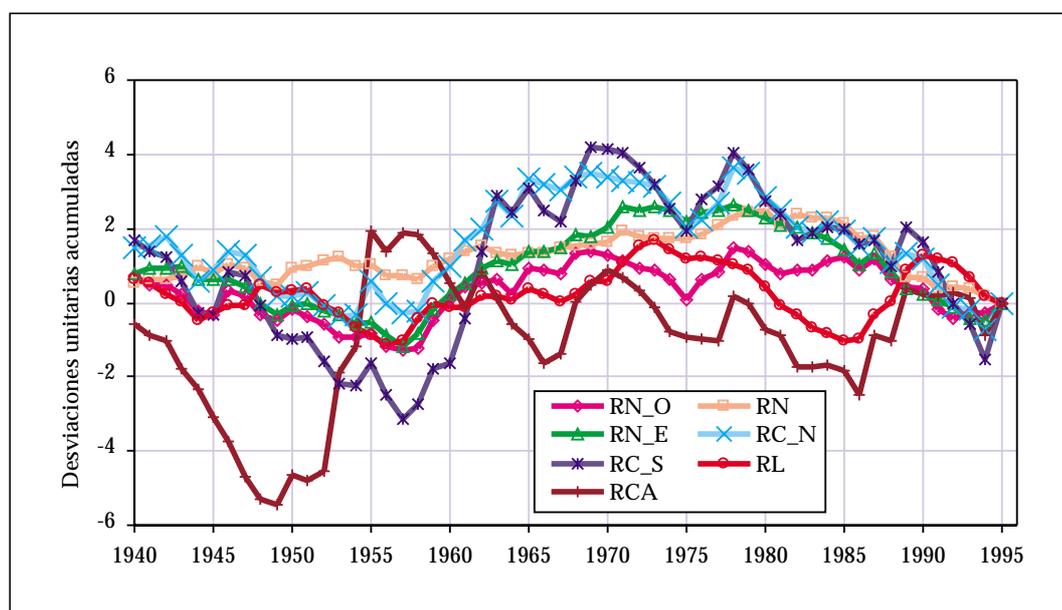


Figura 117. Rachas de la aportación total anual en régimen natural por regiones en el periodo 1940/41-1995/96, a partir de las desviaciones unitarias acumuladas

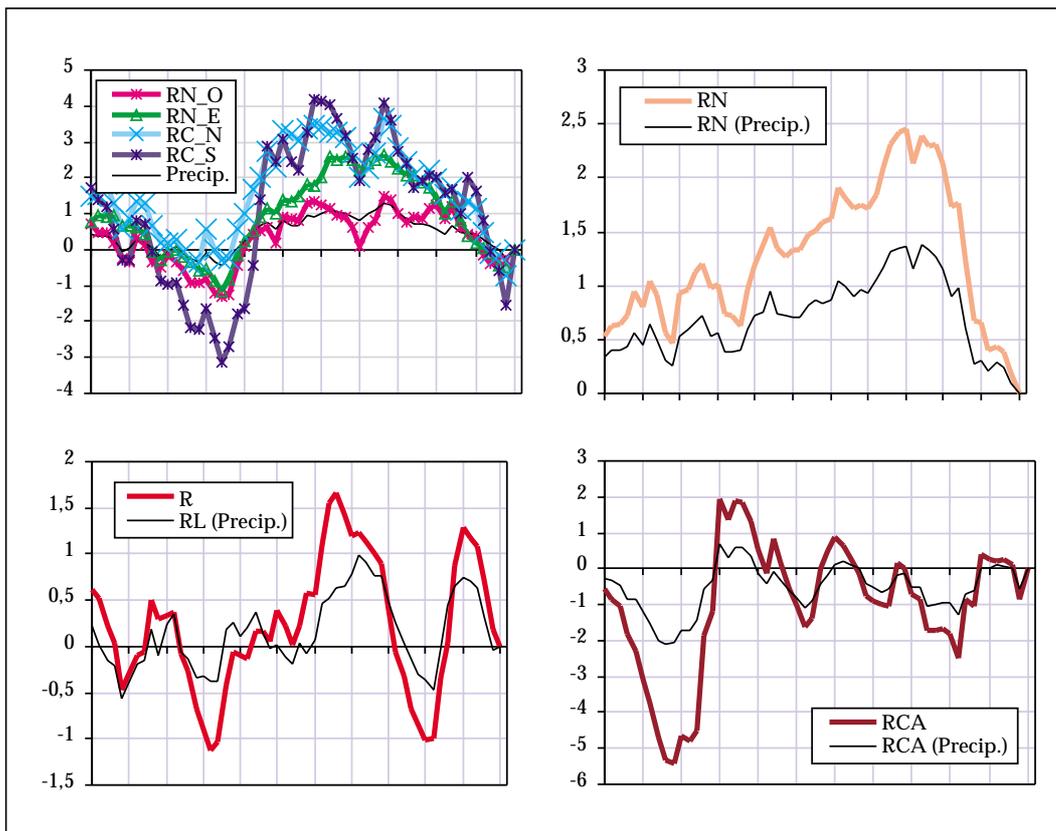


Figura 118. Distintas situaciones de las rachas de aportación total anual en régimen natural por regiones en el periodo 1940/41-1995/96, a partir de las desviaciones unitarias acumuladas

generalizada. Como se apuntó, es la constatación de la grave sequía que se vivió en muchos lugares de España en estos últimos años.

En definitiva, se confirma que, tal y como se avanzó anteriormente, la variabilidad pluviométrica se transmite, y de forma más acusada, amplificada, a los datos de escorrentía, efecto que se aprecia con toda nitidez en las series anteriores de desviaciones acumuladas. A estas escalas espacio-temporales, regiones de comportamiento pluviométrico similar son regiones con comportamiento hidrológico también similar, y rachas pluviométricas húmedas o secas se traducen en rachas de caudales de idéntico signo. Además, los rezagos de esta traslación son muy reducidos, como se vio también al estudiar la correlación cruzada de ambos fenómenos. Como situaciones representativas, en la región norte se observa que las respuestas son inmediatas y casi lineales, mientras que en el levante hay algún efecto de rezago y desajuste debido a la persistencia y redistribución hidrogeológica.

Si en lugar de datos anuales se empleasen datos a escalas más detalladas (por ejemplo mensuales, diarios u horarios), los efectos de irregularidad y no linealidad se verían aún más acentuados.

3.1.4.2. Fracción de origen subterráneo. Recarga natural

En epígrafes anteriores se ha expuesto la situación en España de los recursos hídricos totales en régimen natural. Estos flujos totales constan, como se dijo, de una componente de escorrentía superficial directa, y de una componente de origen subterráneo. Con objeto de avanzar en el conocimiento de los recursos hídricos, se describirá ahora esta componente subterránea de la escorrentía total, que básicamente coincide -dejando a salvo los efectos de transferencias subterráneas externas- con la recarga natural de los acuíferos.

La evaluación de estos flujos de recarga es una tarea compleja, para la que existen diversas aproximaciones técnicas y que, en definitiva, está sometida a incertidumbres que pueden en ocasiones ser muy significativas. Pese a estas dificultades, el conocimiento de la recarga resulta de gran interés teórico y práctico, pues viene a acotar las posibilidades máximas de explotación sostenible a largo plazo de las aguas subterráneas de un acuífero.

Como se dijo, la mayor parte del agua que recarga los acuíferos se descarga diferida en el tiempo a la red fluvial, de forma difusa o a través de manantiales, y en muchas cuencas es uno de los constituyentes básicos de la aportación de los ríos. Otra parte de la recarga, en general mucho más reducida, se transfiere subte-

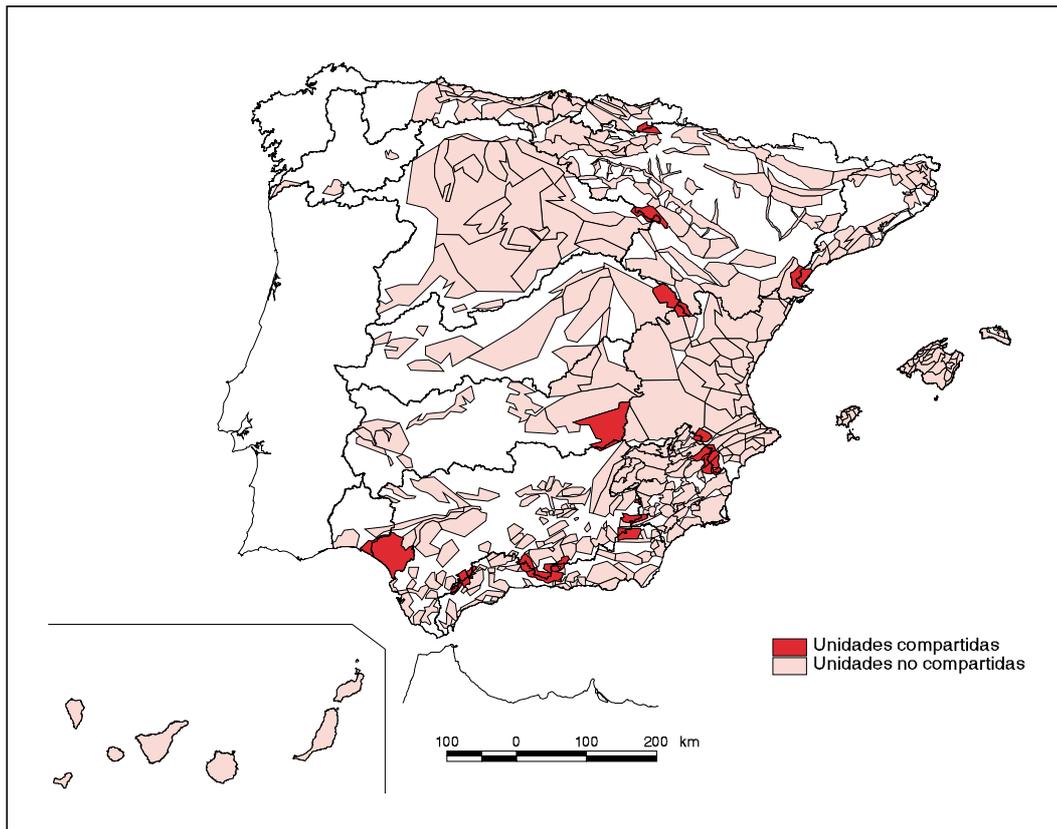


Figura 119. Mapa de unidades hidrogeológicas

rráneamente a otros acuíferos o, en el caso de los acuíferos costeros, descarga al mar.

Para estimar la recarga natural a los acuíferos se necesita conocer su delimitación geométrica. En España los acuíferos se han agrupado en distintas unidades hidrogeológicas. Es conveniente diferenciar aquí entre el concepto físico de acuífero, entendido como formación geológica capaz de almacenar y transmitir agua, y el concepto administrativo de unidad hidrogeológica, formada por uno o más acuíferos, que se agrupan a efectos de conseguir una racional y eficaz administración del agua y cuyos límites pueden incluir también porciones del territorio donde no existen acuíferos.

En el Libro Blanco de las Aguas Subterráneas (MOPT-MA-MINER, 1995) se recogieron un total de 442 unidades hidrogeológicas en España. De ellas, 422 se situaban íntegramente dentro de un sólo ámbito territorial de planificación hidrológica, 19 eran compartidas por dos ámbitos, y una era compartida por tres.

Entre las unidades hidrogeológicas definidas para el territorio peninsular, hay cuatro en las que los acuíferos tienen una porción en territorio portugués. Son las siguientes: aluvial del Miño (UH 01.26) en la cuenca del Norte, Ciudad Rodrigo-Salamanca (UH 02.19) en el Duero, la Moraleja (UH 03.13) en el Tajo y Vegas Bajas (UH 04.09) en el Guadiana. Exceptuando la mencionada en primer lugar, en todos los casos el

afloramiento del acuífero en Portugal ocupa una superficie muy reducida, notablemente inferior a la correspondiente al lado español.

En algunos de los Planes Hidrológicos de cuenca (p.e. Segura y Ebro), y como consecuencia de mejoras del conocimiento hidrogeológico, se ha efectuado una nueva delimitación de las unidades hidrogeológicas en la que, aunque con carácter general hay bastante coincidencia con la delimitación antes citada, se observan diferencias importantes en algunas unidades concretas, cambios en la codificación, e incorporación de nuevas unidades. En algunas unidades compartidas, cuya definición es de ámbito nacional, también existen discrepancias entre los Planes Hidrológicos que las comparten, que son todavía más acusadas en las cifras sobre las características de las unidades (superficies permeables aflorantes, recargas, características hidrodinámicas, etc.). Ha de notarse que para que una unidad se considere compartida no es suficiente que el acuífero se extienda sobre el territorio de más de un ámbito de planificación.

Por las razones antedichas se ha elaborado, con motivo del presente Libro, una nueva delimitación y caracterización de las unidades, cuyo mapa se adjunta, conforme a los siguientes criterios (fig. 119):

- Se adoptan, con carácter general, la denominación y la poligonal de la unidad definida en los planes hidrológicos de cuenca, pues éstos son los Docu-

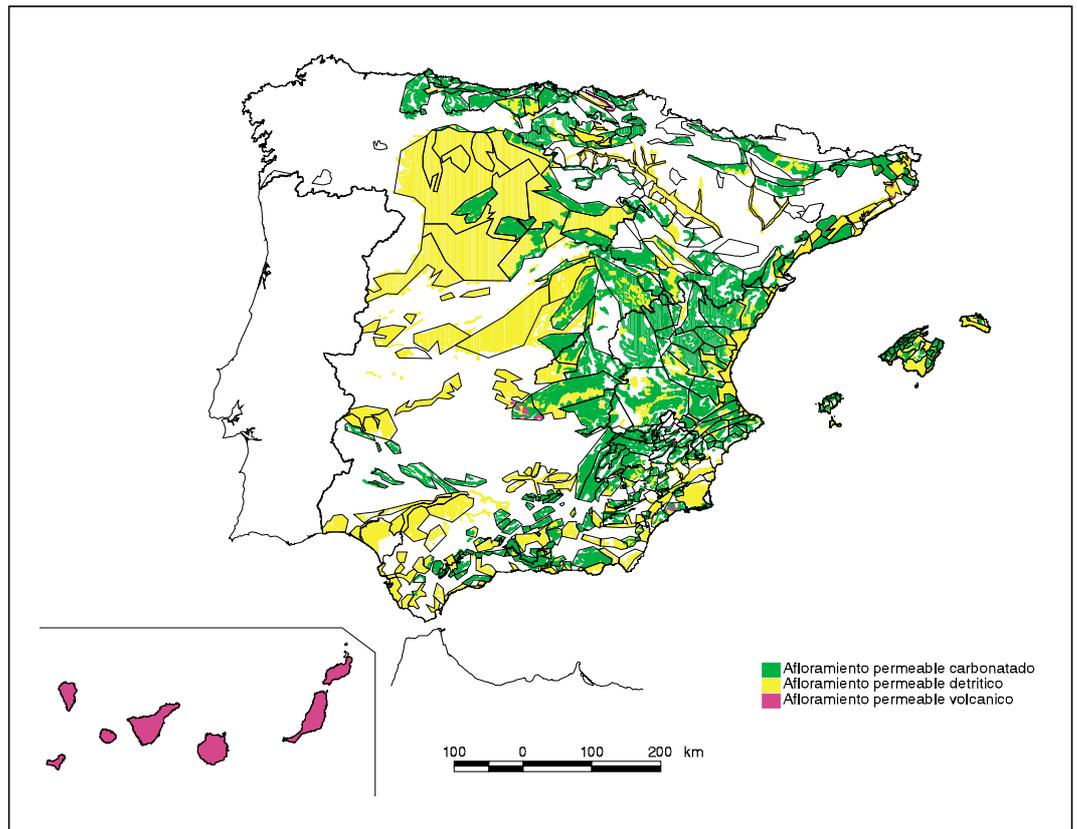


Figura 120. Mapa de afloramientos permeables

mentos técnico-administrativos adecuados y competentes para tal definición.

- Una excepción al criterio anterior son las unidades compartidas. En esas unidades existen acuíferos que se sitúan entre dos o más ámbitos territoriales de los Planes Hidrológicos de cuenca (PHC). En esas ocasiones es el Plan Hidrológico nacional (PHN) el que debe proceder a su delimitación y asignación de los recursos. Provisionalmente, y a la espera del PHN, se han adoptado las unidades reflejadas en el documento Delimitación y síntesis de las características de las unidades hidrogeológicas intercuenas (MOPT, 1993a).
- Cuando dos vértices contiguos de la poligonal que define la unidad se sitúan sobre la divisoria con otra cuenca o con la costa, la unión de dichos vértices no se efectúa mediante una línea recta, sino a lo largo del tramo de divisoria o costa que delimitan.
- En las Islas Canarias se ha definido una unidad por cada isla, según el borrador del Plan Hidrológico de Canarias, y en las Cuenas Internas de Cataluña se ha adoptado la delimitación reflejada en MOPTMA-MINER (1995), al no disponerse de información cartográfica adecuada sobre las poligonales delimitadas según Decreto 328/1988 del Departamento de Política Territorial y Obras Públicas de la Generalidad de Cataluña.

- Las cifras de superficie permeable aflorante en cada unidad y su tipificación como carbonatada, detrítica y volcánica se han obtenido del inventario de MOPTMA-MINER-UPC (1993), tras calcular la superficie permeable de cada tipo incluida dentro de cada unidad hidrogeológica. Esta decisión obedece a las discrepancias metodológicas observadas en la determinación de la superficie permeable en los distintos Planes de cuenca, heterogeneidad que desaconsejaba su adopción directa.

La superficie cubierta por los afloramientos permeables dentro de las unidades hidrogeológicas es del orden de 176.000 km², que se reparten en 99.000 km² correspondientes a formaciones detríticas, 69.700 km² a formaciones carbonatadas y 7.800 km² a formaciones volcánicas. El mapa adjunto, elaborado a partir de MOPTMA-MINER-UPC (1993), muestra estos afloramientos permeables.

- Las cifras de características básicas de cada unidad (recarga por lluvia y cauces, retornos de riego y transferencias) se han extraído de los Planes Hidrológicos de cuenca, y en los casos en que no existía esa información, se adoptó la de MOPTMA-MINER (1995) (fig. 120).

En el territorio no cubierto por las unidades hidrogeológicas delimitadas también pueden existir acuíferos que son, en general, de baja o muy baja permeabilidad, y

Ámbito de planificación	Número de unidades no compartidas	Número de unidades compartidas	Superficie permeable aflorante (km ²)	Recarga por lluvia y cauces (km ³ /año)	Recarga por riesgos (hm ³ /año)	Transfer. de otras unidades (km ³ /año)	Transfer. a otras unidades (km ³ /año)
Norte I	3	-	-	-	-	-	-
Norte II	16	0	4.672	2.587	0	94	34
Norte III	7	1	946	410	0	0	0
Duero	20	1	52.799	1.840	1	249	383
Tajo	12	1	17.475	1.565	0	0	0
Guadiana I	10	1	13.834	646	20	60	60
Guadiana II	2	1	920	141	0	0	0
Guadalquivir	57	11	15.140	2.573	16	27	70
Sur	41	7	5.305	865	69	107	31
Segura	50	7	6.958	674	83	44	0
Júcar	46	6	23.781	3.011	480	514	468
Ebro	57	4	17.057	4.433	586	19	25
C.I. Cataluña	29	1	6.616	938	45	65	54
Galicia Costa	-	-	-	-	-	-	-
Baleares	34	0	3.674	517	69	26	23
Canarias	7	0	7.384	681	0	0	0
España	391	20 (1)	176.561	20.881	1.369	1.205	1.148

Tabla 18. Características de las unidades hidrogeológicas según ámbitos de la planificación

(1) El total no coincide con las sumas parciales, dado que distintos ámbitos pueden compartir una misma unidad

Nota: En el ámbito del Duero se ha contabilizado la U.H. 2.12. denominada Aluviales del Duero, aunque su poligonal y características asociadas no se definen en el Plan Hidrológico del Duero ni en MOPTMA-MINER (1995).

cuyas características y balances aún no han sido suficientemente evaluados. El análisis de flujos base revela, en efecto, su existencia. Estos acuíferos y unidades deberán irse incorporando a los inventarios de la planificación a medida que vayan siendo definidos y caracterizados.

Con los criterios antes descritos el nuevo número de unidades hidrogeológicas es de 411, de las cuales 391 se sitúan íntegramente dentro de un sólo ámbito de planificación, 19 son compartidas por dos ámbitos y una lo es por tres (CEDEX, 1998a). La diferencia respecto al número total de unidades reflejadas en MOPTMA-MINER (1995) se debe, básicamente, a que sólo se han considerado 7 unidades en las Islas Canarias, una en cada isla. Se ha aumentado, sin embargo, el número de unidades en las cuencas del Ebro y Segura, como consecuencia de la nueva delimitación reflejada en sus respectivos Planes de cuenca.

El resumen de las características básicas medias de estas unidades, agregadas por ámbitos de planificación, y con datos elaborados a partir de los Planes de cuenca y de MOPTMA-MINER (1995), se muestra en la tabla 18.

Como se observa, el total resultante de la recarga natural media (por lluvia e infiltración en cauces, y sin considerar los excedentes de riego, que no corresponden al régimen natural) en el conjunto de todas las unidades hidrogeológicas, según la información contenida en los Planes Hidrológicos de cuenca, asciende casi a 21.000 hm³/año. La recarga en el conjunto del terri-

torio nacional es, en realidad, mayor, ya que en esta estimación sólo se han considerado las zonas donde se han delimitado unidades hidrogeológicas y, sin embargo, en algunas otras zonas no catalogadas existen, como se dijo, acuíferos. En estas zonas sin acuíferos definidos, en ocasiones, la suma de las muchas pequeñas captaciones, junto con los aprovechamientos de los manantiales, alcanza una magnitud significativa, tal y como sucede en áreas de Galicia y Canarias. De hecho, como se explica posteriormente, para el ajuste del modelo de simulación, ha sido necesario incluir nuevas áreas de alimentación de las aguas subterráneas en los ámbitos de Galicia Costa, Norte I y Norte II.

Las unidades compartidas entre distintos ámbitos territoriales son las recogidas en la tabla adjunta, en la que se muestra también el ámbito al que se asignan (tabla 19).

Análogamente a como se hizo con las aportaciones totales, y con objeto de disponer de una evaluación de la recarga natural a los acuíferos en un período común (1940/41 a 1995/96) y con una metodología de cálculo homogénea, se ha realizado, para toda España, una estimación de la recarga debida a la lluvia caída sobre cada unidad, con el modelo distribuido de simulación de flujos antes citado. Esta estimación no tiene en cuenta, por tanto, las transferencias entre unidades que, aunque con carácter general son pequeñas, pueden ser importantes en algunas unidades concretas. En la figura 121 se muestran los valores medios anuales de recarga, en mm/año, obtenidos en cada unidad hidrogeológica.

Número	Unidad hidrogeológica	Ámbitos afectados
1	Aralar-Ulzama	Norte III y Ebro
2	Araviana-Moncayo	Duero y Ebro
3	Albarracín-Cella-Molina de Aragón	Tajo, Ebro y Júcar
4	Campo de Montiel	Guadiana I y Guadalquivir
5	Almonte-Marismas	Guadiana II y Guadalquivir
6	Sierra de Libar	Guadalquivir y Sur
7	Setenil-Ronda	Guadalquivir y Sur
8	Sierra de Cañete	Guadalquivir y Sur
9	Sierra Gorda-Zafarraya	Guadalquivir y Sur
10	Tejeda-Almijara-Las Guajaras	Guadalquivir y Sur
11	Sierra de Padul	Guadalquivir y Sur
12	Sierra de las Estancias	Guadalquivir y Sur
13	Orce-María	Guadalquivir y Segura
14	Sierra Zarza	Guadalquivir y Segura
15	Sierra de la Oliva	Segura y Júcar
16	Jumilla-Villena	Segura y Júcar
17	Serral-Salinas	Segura y Júcar
18	Quibas	Segura y Júcar
19	Sierra de Crevillente	Segura y Júcar
20	Cardó-Perelló	Ebro y C.I. Cataluña

Tabla 19. Unidades hidrogeológicas compartidas entre distintos ámbitos de planificación

Asimismo, las figuras 122, 123 y 124 muestran las series anuales de recarga por lluvia directa correspondientes a dos unidades hidrogeológicas concretas, la de la Mancha Oriental y la de Madrid-Talavera, así como la correspondiente a todo el territorio peninsular español, lo que permite apreciar su variabilidad interanual.

En la tabla 20 y la figura 125 se integran los valores medios anuales de esta recarga en cada uno de los ámbitos, y el porcentaje que representan respecto a la aportación total, ofrecida en el epígrafe anterior. Este porcentaje es, pues, una estimación muy encajada de la esorrentía subterránea o fracción de origen subterráneo de los caudales totales en cada ámbito.

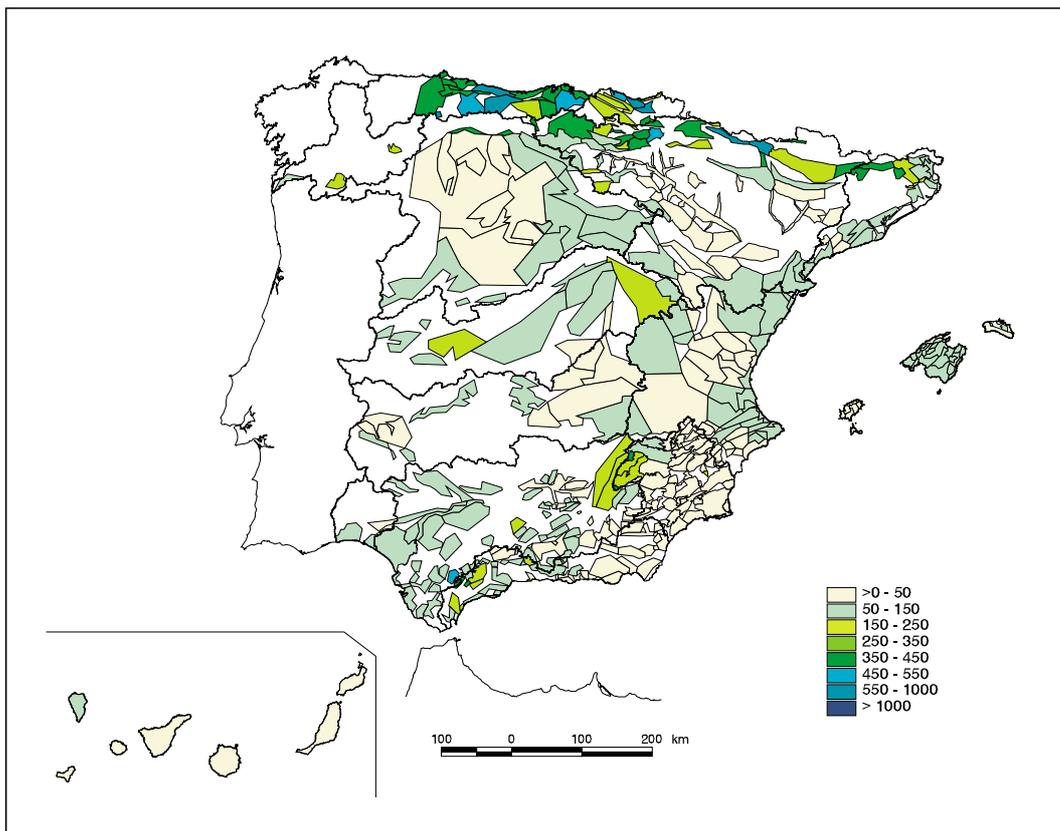


Figura 121. Mapa de recarga natural en las unidades hidrogeológicas (mm/año)

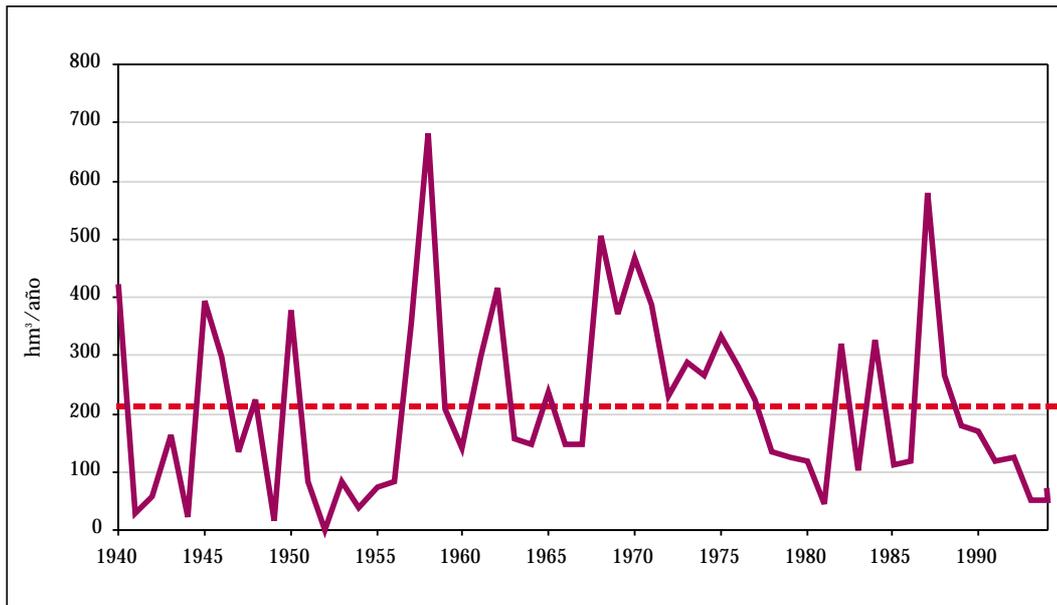


Figura 122. Recarga por infiltración de lluvia (hm³/año) en la unidad hidrogeológica de la Mancha Oriental (periodo 1940/41 a 1995/96)

Los resultados obtenidos muestran, para el total de la Península, una cifra media global de componente subterránea (equiparada a recarga natural) del orden del 26% de la aportación total, pero con grandes variaciones territoriales que oscilan entre más del 70% en el Segura y Júcar (como ya vimos y ahora se vuelve a comprobar, los ámbitos peninsulares con mayor componente subterránea y autocorrelación, con diferencia sobre el resto) y menos del 10% en el Guadiana II. En términos absolutos, las mayores recargas naturales corresponderían al Norte II y Ebro (del orden de 5.000 hm³/año), y la menor al Guadiana II (menor de 100 hm³/año).

Ello revela, en definitiva, que aunque las aguas subterráneas no son global y cuantitativamente el principal recurso hídrico natural de España, son un recurso

muy significativo y, en algunos territorios, sin lugar a dudas, el más importante.

Como puede verse, la media global obtenida con el modelo de simulación (próxima a los 29.000 hm³/año en la península) es superior a la procedente de los Planes de cuenca (del orden de 20.000 en la península). Ello se debe, en buena parte, a que para poder reproducir con el modelo los periodos de estiaje de algunos ríos de Galicia Costa, Norte I y Norte II, se han incluido nuevas áreas de alimentación de las aguas subterráneas, no reflejadas en la figura anterior al no tener la consideración administrativa de unidades hidrogeológicas.

Por otra parte, aunque en términos cuantitativamente menores, en algunas unidades hidrogeológicas, la recarga natural reflejada en los Planes de cuenca es superior

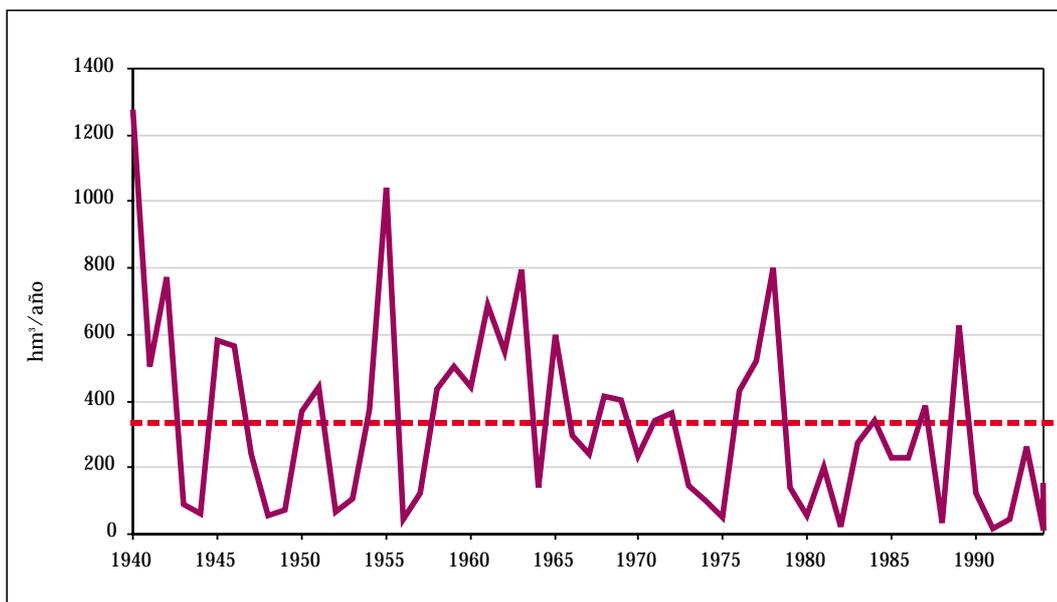


Figura 123. Recarga por infiltración de lluvia (hm³/año) en la unidad hidrogeológica de Madrid-Talavera (periodo 1940/41 a 1995/96)

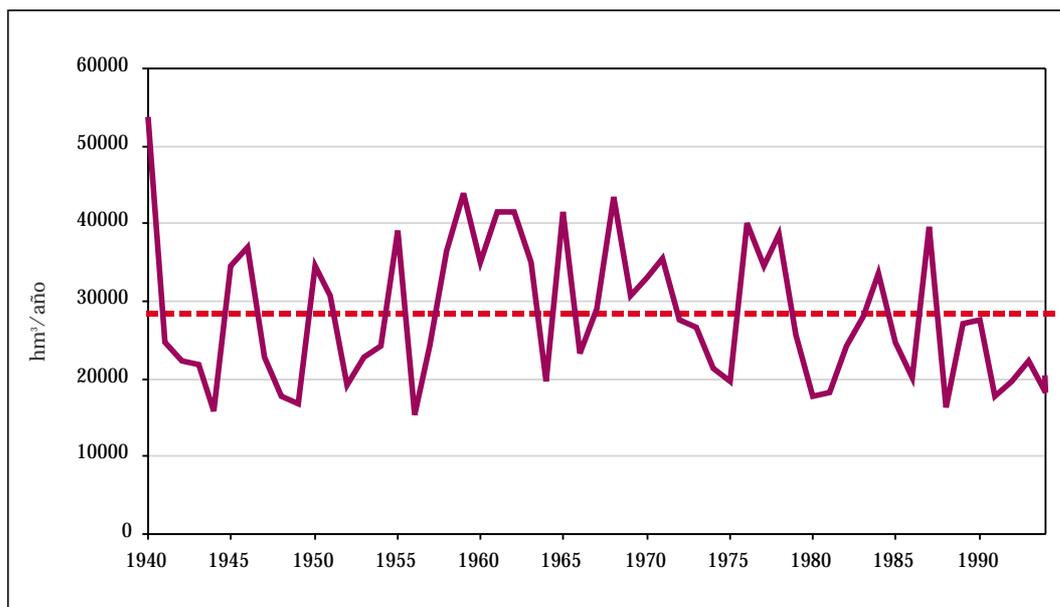


Figura 124. Recarga por infiltración de lluvia ($hm^3/año$) en la Península (periodo 1940/41 a 1995/96)

a la esorrentía total obtenida con el modelo de simulación, lo cual puede ser debido a que: a) en ocasiones se producen situaciones muy complejas en las que no es fácil separar la recarga natural de los retornos de riego, transferencias subterráneas, etc. (en la mayoría de los Planes de cuenca sólo se recoge la cifra de recarga al acuífero, sin especificar si es natural o no y si incluye o no las transferencias de otras cuencas); b) no se conoce el periodo temporal de cálculo de las recargas y si éstas están sesgadas o si son representativas de la media anual; y c) como dijimos, la estimación de la recarga presenta unas incertidumbres y dificultades intrínsecas que hacen esperables tales divergencias.

La figura 126 muestra el contraste de datos de ambas fuentes pudiendo verse que, salvo en estos casos singulares, las diferencias no superan el 20%.

Con objeto de dar una perspectiva general de estas evaluaciones a lo largo del tiempo, la tabla 21 muestra los

datos de recarga o esorrentía subterránea en las cuencas ofrecidos por distintas fuentes.

Como puede apreciarse, todas las estimaciones realizadas hasta ahora ofrecen unos valores de recarga entre 15.000 y 20.000 $hm^3/año$, lo que contrasta con los 30.000 obtenidos en la evaluación realizada para este Libro. Las razones de esta diferencia se detallarán posteriormente.

En todo caso, se pone de manifiesto la necesidad de profundizar más en el conocimiento de la recarga a los acuíferos y su reparto en la debida a lluvia y cauces, las transferencias subterráneas, los retornos de riegos, etc. Todo ello contribuiría a mejorar la comprensión y cuantificación del papel real de las aguas subterráneas en el conjunto de los recursos hídricos, papel que, como se ve, resulta de gran importancia en algunas de nuestras cuencas principales y constituye un recurso estratégico para mejorar la garantía de los abastecimientos.

Tabla 20. Recarga a los acuíferos y aportación total en régimen natural en los ámbitos territoriales de la planificación según el modelo de simulación utilizado

Ámbito de Planificación	Aportación total en reg. natural	Recarga en régimen natural	Relación Recarga/Aportación
Norte I	12.689	2.745	22
Norte II	13.881	5.077	37
Norte III	5.337	894	18
Duero	13.660	3.000	22
Tajo	10.883	2.393	22
Guadiana I	4.414	687	16
Guadiana II	1.061	63	6
Guadalquivir	8.601	2.343	27
Sur	2.351	680	29
Segura	803	588	73
Júcar	3.432	2.492	73
Ebro	17.967	4.614	26
C. I. Cataluña	2.787	909	33
Galicia Costa	12.250	2.234	18
Península	110.116	28.719	26

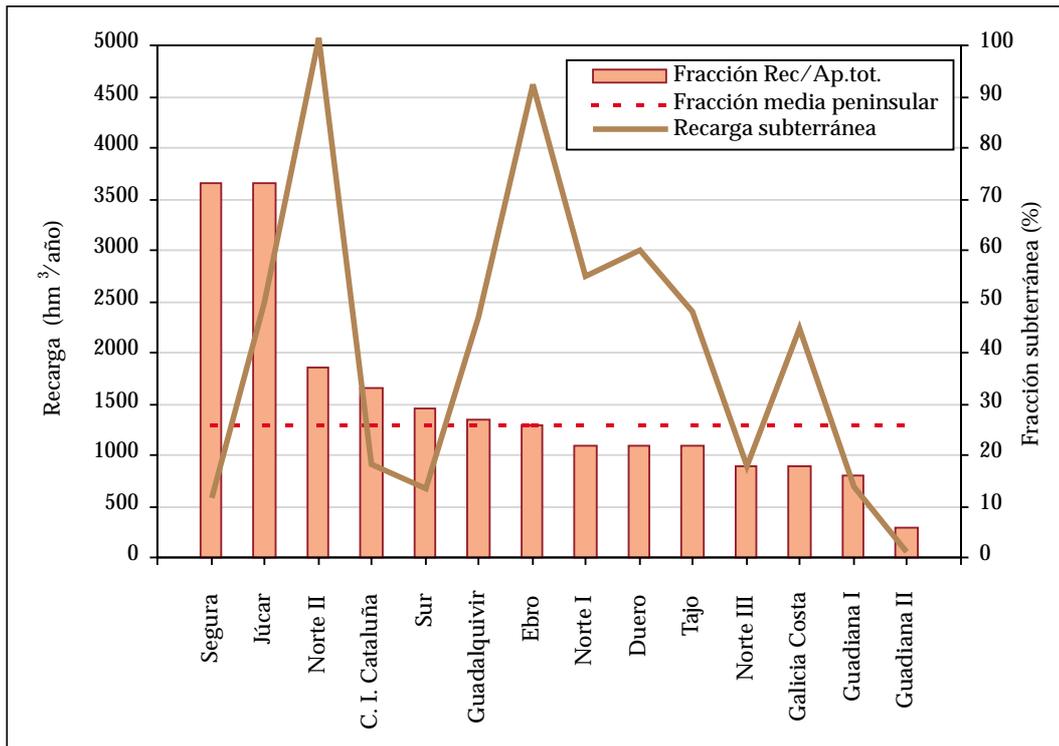


Figura 125. Fracción subterránea de la escorrentía total y recarga a los acuíferos en régimen natural en los ámbitos territoriales de la planificación

En cuanto a las salidas subterráneas al mar, se trata de una cantidad muy pequeña en términos relativos. Tienen cierta importancia en las islas, por la gran longitud del contacto perimetral de la costa en relación a su superficie. Pueden, también, existir singularidades de surgencias submarinas localizadas debidas a fenómenos kársticos, como los casos de la Sierra de Irta (Castellón) y la zona de Nerja-La Herradura (Málaga).

En la tabla 22 se reproducen distintas estimaciones de salidas subterráneas al mar (en hm³/año), por cuencas o ámbitos de planificación. Las más recientes son las de la DGOH (1995) obtenidas para la zona de costa ocupada por unidades hidrogeológicas identificadas, y las que proporciona el modelo de simulación puesto a punto con motivo de la elaboración de este Libro.

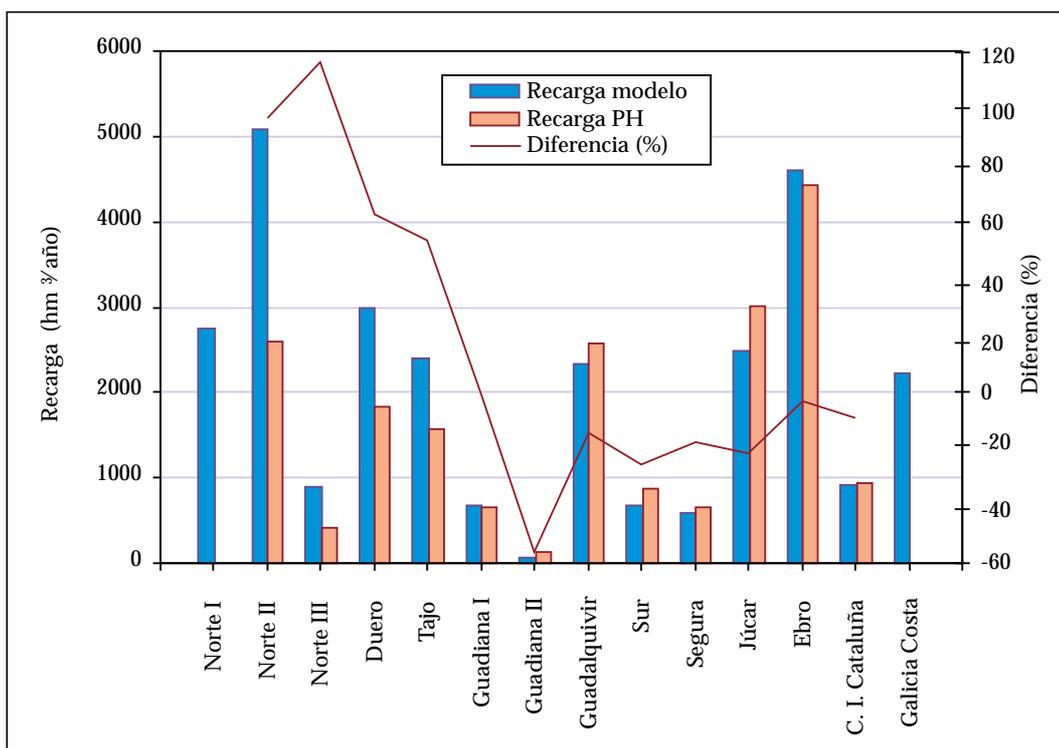


Figura 126. Contraste de datos de recarga de acuíferos en régimen natural en los ámbitos territoriales de la planificación

Ámbito de Planificación	1967 (a)	1974 (b)	1980 (c)	1986 (d)	1993 (e)	1998 (f)	1998 (g)
Galicia Costa					-	-	2.234
Norte I					-	-	2.745
Norte II					2.644	2.587	5.077
Norte III					331	410	894
Norte	5.500	5.480	4.100	4.100	2.975	2.997	10.950
Duero	3.000	1.430	1.450	1.450	1.875	1.840	3.000
Tajo	1.700	2.160	2.200	2.000	1.646	1.565	2.393
Guadiana I					656	646	687
Guadiana II					98	141	63
Guadiana	1.000	710	700	500	754	787	750
Guadalquivir	1.800	2.250	2.100	1.100	2.315	2.573	2.343
Sur	250	900	450	700	1.160	865	680
Segura	300	510	500	600	548	674	588
Júcar	700	2.460	1.200	1.700	3.505	3.011	2.492
Ebro	3.400	3.120	3.050	2.900	2.923	4.433	4.614
C.I. Cataluña	500	250	250	250	1.035	938	909
Total Península	18.150	19.270	16.000	15.300	18.736	19.683	28.719
Baleares			-	-	585	517	
Canarias			-	-	700	681	
Total España					20.021	20.881	

Tabla 21. Estimaciones de la recarga de acuíferos

(a) Elaborado por Llamas en 1967. Escorrentía subterránea a los ríos. Citado en Llamas (1995) pag. 133.

(b) Coma (1974). Escorrentía subterránea total (incl. flujo al mar). Citado en Llamas (1995) pag. 133.

(c) MOPU (1980). El agua en España.. CEH. DGOH. También en Heras (1977) y en otros.

(d) MOPU (1986) Panorama hidráulico de España, en Gallego Anabitarte et al. (1986), vol. II.

(e) MOPT (1993) Memoria del anteproyecto de Ley del PHN.. También en MOPTMA-MINER (1995)

(f) Datos de los Planes Hidrológicos de cuenca (1998)

(g) Datos de la evaluación realizada en este Libro Blanco (año 1998)

Notas: Norte comprende los ámbitos de Galicia Costa y Norte I, II, y III; Guadiana comprende los ámbitos Guadiana I y II.

Ámbito territorial	1967 (a)	1980 (b)	1995 (c)	1998 (d)
Galicia Costa	-	-	-	356
Norte I	-	-	-	-
Norte II	-	-	-	786
Norte III	-	-	-	161
Norte	1.100	1.500	100	1.303
Guadiana I	-	-	-	-
Guadiana II	-	-	-	8
Guadiana	60	50	25	8
Guadalquivir	600	200	70	56
Sur	300	440	100	65
Segura	160	10	5	16
Júcar	800	1.300	225	173
Ebro	80	100	40	-
C.I. Cataluña	250	700	125	83
Península	3.350	4.300	690	1.704
Baleares	-	480	150	-
Canarias	-	610	230	-
Total España	-	5.390	1.070	-

Tabla 22. Estimaciones de las salidas subterráneas al mar ($hm^3/año$) por ámbitos de planificación

(a) Llamas (1967). Citado en Llamas (1995) pag. 133.

(b) MOPU (1980) El agua en España. CEH. DGOH. También en Heras (1977) y en MOPU (1982).

(c) DGOH (1995) Estudio de la situación actual y programación de actuaciones futuras en el ámbito de las aguas subterráneas en España.

(d) Modelo de simulación de aportaciones utilizado en este Libro (año 1998).