

Ámbito de planificación	Superficie (km ²)(1)	Estaciones de aforo en ríos	Densidad de estaciones de aforo en ríos (1/km ²)	Puntos de control en embalses > 10 hm ³	Estaciones de aforo en canales
Norte I	17.600	14	1/1.257	25	2
Norte II	17.330	32	1/541	8	1
Norte III	5.720	10	1/572	4	0
Duero	78.960	104	1/759	27	1
Tajo	55.810	96	1/581	46	36
Guadiana I	53.180	29	1/1.833	24	8
Guadiana II	7.030	11	1/639	6	0
Guadalquivir	63.240	71	1/891	57	6
Sur	17.950	48	1/374	12	22
Segura	19.120	17	1/1.125	13	11
Júcar	42.900	44	1/975	19	22
Ebro	85.560	171	1/500	46	35
Galicia Costa	13.130	14	1/938	10	1
C.I. Cataluña	16.490	40	1/412	6	31
Baleares	5.010	31	1/162	0	0
Canarias (2)	7.440	-	-	-	-
Total	506.470	732	1/692	303	176

Tabla 5. Puntos de control en servicio de la Red oficial de estaciones de aforo de aguas superficiales

(1): La superficie de los distintos ámbitos es la resultante de integrar la poligonal que define cada uno de ellos, la cual se ha obtenido a partir de la digitalización de las hojas topográficas a escala 1:50.000 del Servicio Geográfico del Ejército en coordenadas UTM transformadas al huso 30.

(2): La ROEA no incorpora actualmente información sobre los puntos de control de aguas superficiales en Canarias.

mentos para el conocimiento y control del dominio público hidráulico.

3.1.3.1.3. Redes de aguas subterráneas

Con respecto a las aguas subterráneas, las redes de piezometría e hidrometría son las que aportan datos sobre niveles de agua en los acuíferos y caudales en los manantiales, respectivamente. La red de hidrometría incluye también, ocasionalmente, mediciones de algunos cursos de agua además de los manantiales.

En España, los primeros datos de medidas de niveles piezométricos de los que se tiene referencia se remontan al siglo XIX (época del desarrollo del artesianismo), y corresponden a los primeros pozos de abastecimiento y riegos. Sin embargo, hay que esperar hasta la década de 1960 para el planteamiento de programas sistemáticos de investigación de mayor entidad, iniciándose su desarrollo masivo a finales de esta década (Caride de Liñán [1992]; Martínez Gil [1994]; Cabezas [1994]).

Además de las redes generales, y como en el caso de las redes de aguas superficiales, existen redes específicas, operadas y gestionadas por entidades públicas o privadas. Es el caso de la red del Pirineo Oriental, con unos 400 puntos, algunos desde 1966 y con registros mensuales, y operada en la actualidad por la Junta de Aguas, o de las de algunas Diputaciones Provinciales, como la

Red de Control de la Diputación Provincial de Alicante, que tiene firmado un convenio de intercambio de datos con la Confederación Hidrográfica del Júcar. Esta red consta de 130 puntos de piezometría, 200 de calidad e intrusión y 20 de medida de manantiales.

De las redes existentes destacan, por su mayor aproximación a los objetivos de una red de propósito general de alcance nacional, las de piezometría e hidrometría operadas por el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) desde finales de los años 60 hasta la actualidad. En los últimos años vienen siendo operadas conjuntamente por el ITGE y la DGOHCA.

La red piezométrica cubre unos 135.000 km², del orden del 80% de la superficie permeable del territorio. Consta en la actualidad de unos 3.000 puntos de observación (ver tabla adjunta, con datos del ITGE correspondientes a 1996), en los que se realizan al menos dos medidas al año, siendo lo habitual establecer controles trimestrales y, en algunos casos, mensuales. La figura 73, elaborada a partir de los datos de MOPTMA-MINER-UPC (1993), muestra algunos puntos seleccionados de las indicadas redes (tabla 6).

En cuanto a la red de hidrometría (aforo de manantiales), cubre una superficie del orden de 42.000 km² y se compone de casi 500 puntos de observación.

En los últimos años se ha producido un descenso en el número de puntos de estas redes, como muestra el paso

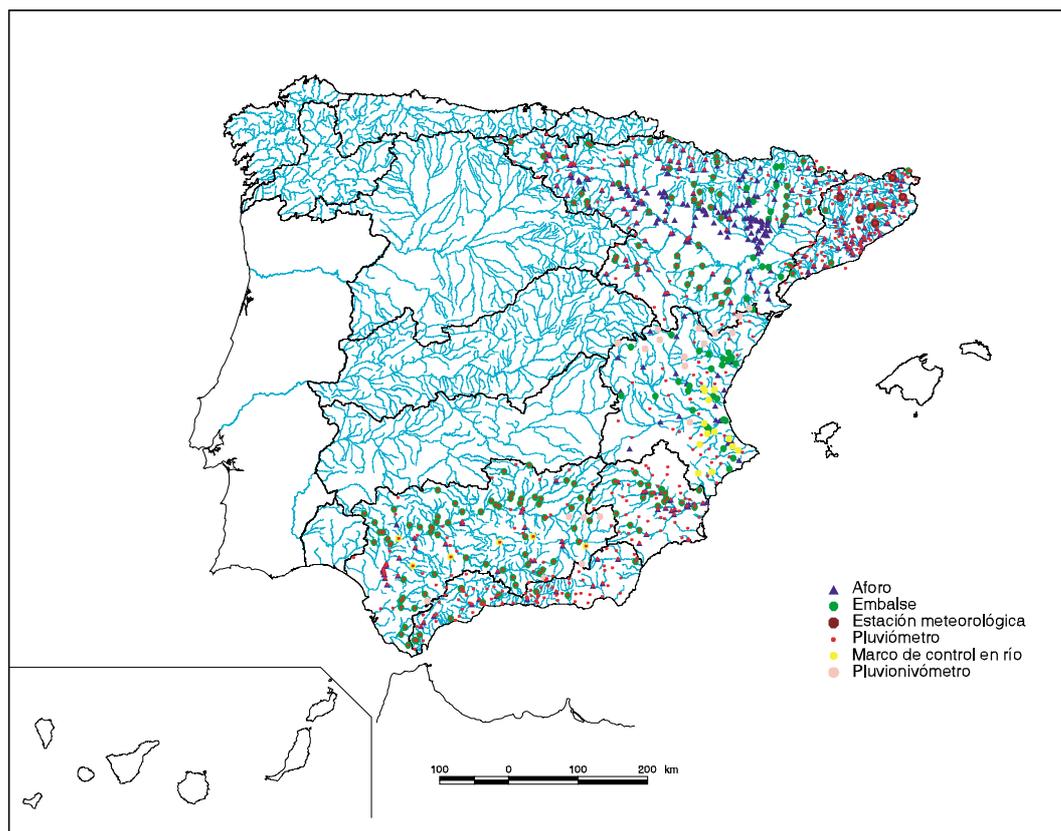


Figura 72. Mapa de la Red SAIH en funcionamiento

de más de 4.500 puntos de la red de piezometría en el periodo 1980 a 1985, a menos de 3.000 en la actualidad. La figura 74 muestra el número de datos piezométricos registrados en la cuenca del Segura desde 1960; aunque se refiere a un territorio concreto, ilustra muy bien el proceso global que se ha seguido.

Como se observa, la toma de datos sistemática comienza a finales de los 60. El gran impulso de investigación de las aguas subterráneas que se dio en la primera mitad de los 70 llegó a producir casi 4.000 datos anuales, mientras

que desde mediados de los 80 la cifra se reduce a unos 1.000, y con altibajos y tendencia decreciente en los 90.

Recientemente, la Administración ha programado una serie de actuaciones con objeto de implantar nuevas redes de medida, que en el futuro constituirán la Red Oficial de Control de las Aguas Subterráneas (MOPT, 1992).

En la tabla 7 se recogen los puntos de medida propuestos, diferenciando los de nueva ejecución y los preexistentes, seleccionados éstos últimos por reunir

Cuenca	Superficie de afloramientos permeables (km ²)	Número de puntos red de piezometría (1996)	Densidad de la red de piezometría (1/km ²)	Número de puntos red de hidrometría (1996)	Densidad de red de hidrometría (1/km ²)
Duero	52.798	284	1/186	-	-
Tajo	17.473	84	1/208	75	1/233
Guadiana	14.740	228	1/65	18	1/819
Guadalquivir	15.157	433	1/35	109	1/139
Sur	5.215	779	1/7	134	1/113
Segura	7.023	170	1/41	35	1/201
Júcar	23.787	334	1/71	22	1/1.081
Ebro	17.047	237	1/72	72	1/237
C.I.Cataluña	6.596	257	1/26	12	1/550
Baleares	3.675	150	1/25	-	-
Total	163.511	2.956	1/55	477	1/343

Tabla 6. Número de puntos de observación de las redes de piezometría e hidrometría.

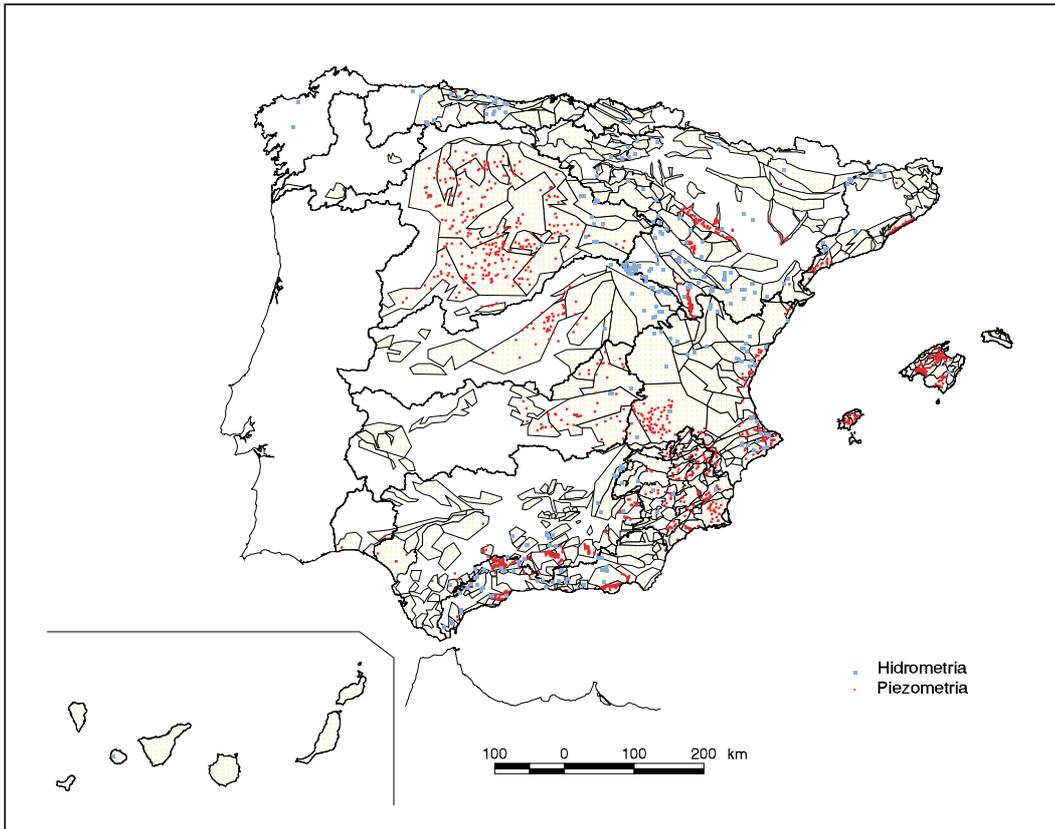


Figura 73. Mapa de puntos seleccionados de las redes de piezometría e hidrometría

las características exigibles a los puntos de control de una red.

Resultan así 1.910 puntos de control, con una superficie permeable aflorante controlada de aproximadamente 160.000 km². La densidad media es de un punto de control cada 85 km², correspondiendo los valores extremos a la cuenca del Duero y al archipiélago Balear, con uno cada 142 y 30 km², respectivamente.

Este programa de implantación de redes de control de aguas subterráneas se inició en 1994 y tenía prevista una duración de 6 años, encontrándose actualmente en ejecución.

Desde 1996, la responsabilidad de la publicación de los datos de estas redes, junto con las de aguas superficiales, corresponde a la DGOHCA del Ministerio de Medio Ambiente.

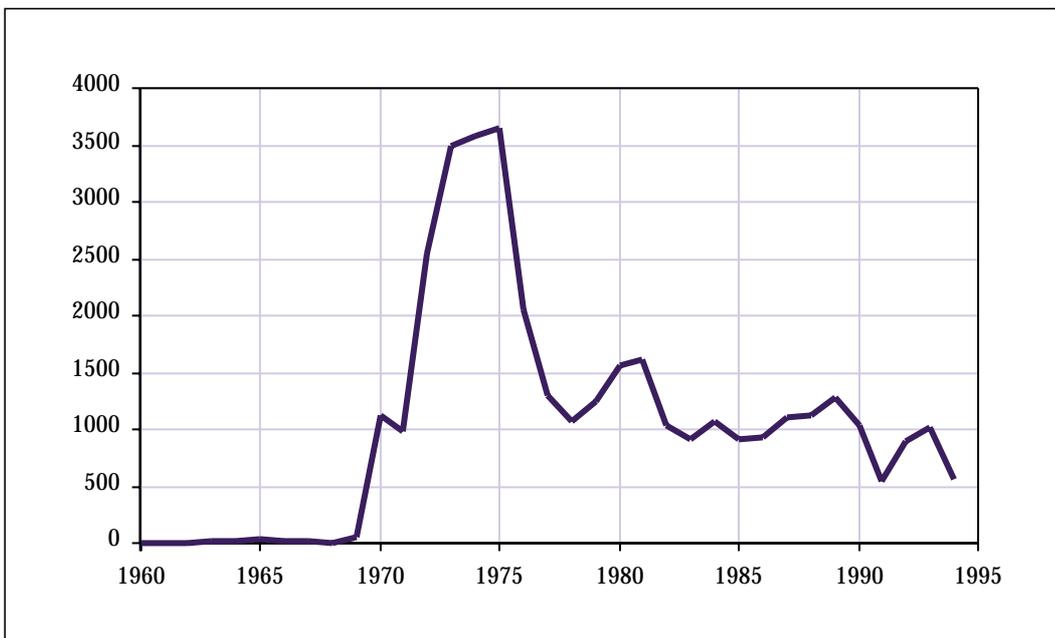


Figura 74. Evolución desde 1960 del número de datos piezométricos en la cuenca del Segura

Cuenca hidrográfica	Sup. permeable aflorante (km ²)	Número de puntos de control			Densidad media (1/km ²)
		De nueva ejecución	Preexistentes	Total	
Norte	5.548	58	20	78	1/71
Duero	52.798	280	93	373	1/142
Tajo	17.473	93	38	131	1/133
Guadiana	14.740	118	86	204	1/72
Guadalquivir	15.157	184	122	306	1/50
Sur	5.215	76	67	143	1/36
Segura	7.023	75	41	116	1/61
Júcar	23.787	121	137	258	1/92
Ebro	17.047	107	71	178	1/96
Baleares	3.675	57	66	123	1/30
Total	162.463	1.169	741	1.910	1/85

Tabla 7. Red nacional de control piezométrico prevista (cuencas intercomunitarias y Baleares)

3.1.3.2. Comparación con otros países

Una vez descrita la situación de nuestras redes básicas, es interesante comparar esta situación con la de otros países del entorno.

Según un estudio de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1991) la densidad de estaciones pluviométricas en España está muy por encima del mínimo recomendado por la OMM y se encuentra, en relación a otros países, en un nivel aceptable. No sucede igual en cuanto a la densidad de la red de medida de aguas superficiales, donde España se encuentra entre los últimos lugares, muy distanciada de otros países de nuestro entorno.

En la tabla adjunta -elaborada a partir de datos de EEA (1996a)- se muestra el número de estaciones de las redes de aguas superficiales de distintos países de la Unión Europea (UE), para los que la densidad media es del orden de una estación cada 270 km² (tabla 8).

El número de estaciones operativas en la red oficial de aforos de ríos en España (732) representa un índice de densidad algo inferior al medio (aproximadamente, una estación cada 600 km²) recomendado por la OMM (1981) para regiones de tipo montañoso, pero es muy inferior - del orden de 1/3 - a la media europea de una

estación cada 270 km², siendo solo superior a los índices de los países escandinavos, con amplias áreas del territorio lacustres y deshabitadas.

Estas cifras subrayan el muy bajo nivel comparativo de la red de aforos de aguas superficiales, hecho aún menos explicable si se tiene en cuenta la mayor escasez de recurso en nuestro país, tal como se verá más adelante.

En cuanto a las aguas subterráneas, en la tabla 9 se muestran las densidades medias de las redes de control piezométrico de algunos países europeos, extractadas de EEA.

Las cifras de la tabla anterior muestran que España tiene unas densidades similares a Portugal, claramente inferiores a Alemania, Austria, Holanda o Inglaterra, y sólo superiores a Dinamarca, país donde se da el mayor porcentaje de uso de los recursos subterráneos respecto al total en toda la Unión Europea, tal y como se verá más adelante.

3.1.3.3. Problemas, conclusiones y propuestas de actuación

De forma general, y sin reserva alguna, ha de señalarse que la cuestión de las redes de medida es una de las

País	Superficie (km ²)	Número estaciones	Densidad media (1/km ²)
Austria	83.850	861	1/97
Dinamarca	43.092	417	1/103
España	506.470	732	1/692
Finlandia	338.130	322	1/1.050
Francia	543.965	3.500	1/155
Irlanda	70.285	1.243	1/56
Italia	301.277	969	1/310
Portugal	92.389	213	1/433
Reino Unido	244.410	1.339	1/183
Suecia	449.960	420	1/1.071
Total	2673.828	10.016	1/267

Tabla 8. Comparación de redes de medida de aguas superficiales en distintos países europeos

País	Densidad media por superficie permeable (1/km ²)	Densidad media por superficie del país (1/km ²)
Alemania	1/3	1/7
Austria	1/8	1/27
Dinamarca	1/216	1/216
España	1/55	1/171
Holanda	1/9	1/10
Inglaterra	-	1/45
Portugal	1/51	1/149

Tabla 9. Densidades medias de las redes de control piezométrico en países europeos

principales asignaturas pendientes en relación con los recursos hídricos en España.

En efecto, tras un importante impulso oficial en la década de los 60, de la mano de las recién creadas Comisarías de Aguas, del Servicio Geológico de Obras Públicas, y de los grandes programas de investigación hidrogeológica auspiciados por el Ministerio de Industria a través del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), en los años 80 y 90 se observa, como vimos, un estancamiento - cuando no disminución - del número de puntos de control existentes, indicativo de cierto desinterés por mejorar y potenciar estas redes. Ello revela, en última instancia, cómo las prioridades de la Administración hidráulica se orientaron en esos años hacia otros objetivos, y no hacia el control y medida del agua, lo que debiera constituir, sin duda, una de sus principales e irrenunciables funciones.

Incluso la red SAIH, que constituye la excepción a esta tendencia y un importante esfuerzo por potenciar la toma de datos, se concibe inicialmente como vinculada a la explotación y a las avenidas, y no como una modernización de las redes oficiales de control del dominio público.

A este descenso en los últimos años, que contrasta, como se ha dicho, con el fuerte impulso que tuvieron las redes hasta principios de los ochenta, hay que añadir una grave falta de medios para el mantenimiento y depuración de la información generada, y, en algunos casos, importantes retrasos en su publicación.

El variado número de redes existentes y de Organismos encargados de su gestión, requiere inexcusablemente que se establezcan procedimientos de unificación e intercambio de la información, lo cual no sucede en la actualidad. Con este Libro Blanco se ha hecho un primer esfuerzo por recopilar una parte importante de la información existente, con la intención por parte de la DGOHCA de proceder a su unificación y publicación en breve plazo.

Entrando ya específicamente en las redes meteorológicas, la principal observación que puede hacerse, en lo que afecta a la evaluación de los recursos hídricos, es que el número de estaciones es muy escaso en las zonas de mayor altitud, tal como se muestra en la figura 75.

La figura 76 muestra asimismo en un primer gráfico la curva porcentual acumulada de superficie del territorio

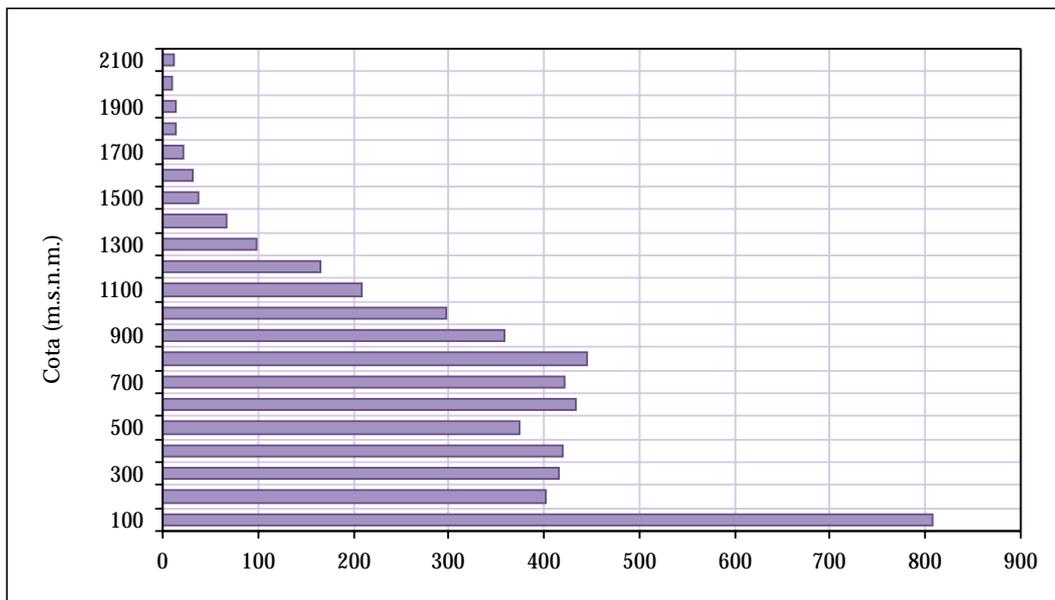


Figura 75. Distribución de las estaciones meteorológicas según su altitud

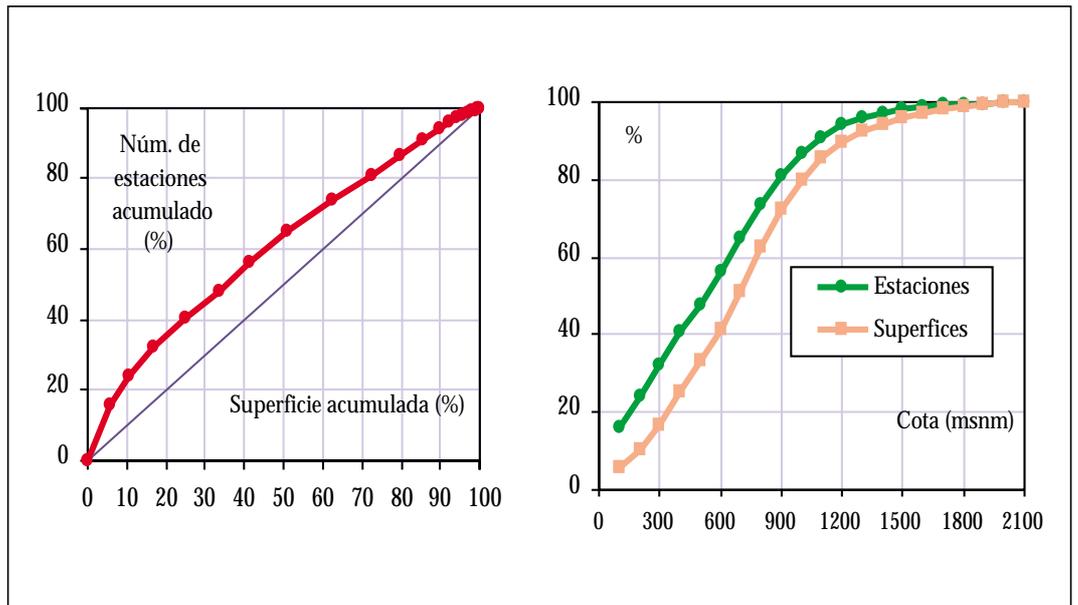


Figura 76. Curva porcentual acumulada de superficie del territorio frente a número de estaciones meteorológicas a las distintas cotas

frente a número de estaciones, con un punto de la curva para cada una de las cotas dadas en la figura anterior, y, en un segundo gráfico, el porcentaje de superficie y de estaciones que se encuentra bajo cada cota.

Puede apreciarse con claridad el sesgo de las estaciones hacia las cotas más bajas, frente a lo que sería una distribución perfectamente uniforme a lo largo de todo el relieve del país (línea azul de los 45° del gráfico primero, o superposición de ambas distribuciones en el

gráfico segundo). Así, mientras que la mitad del territorio español se encuentra bajo la cota 700, el 65% de las estaciones se encuentran bajo esa cota, y en el tercio de tierras con menor altitud se concentra casi el 50% de todas las estaciones.

Una parte importante de los recursos hídricos en España se genera en las cabeceras de las cuencas, donde se sitúa un porcentaje elevado de los embalses, mientras que las estaciones pluviométricas se locali-

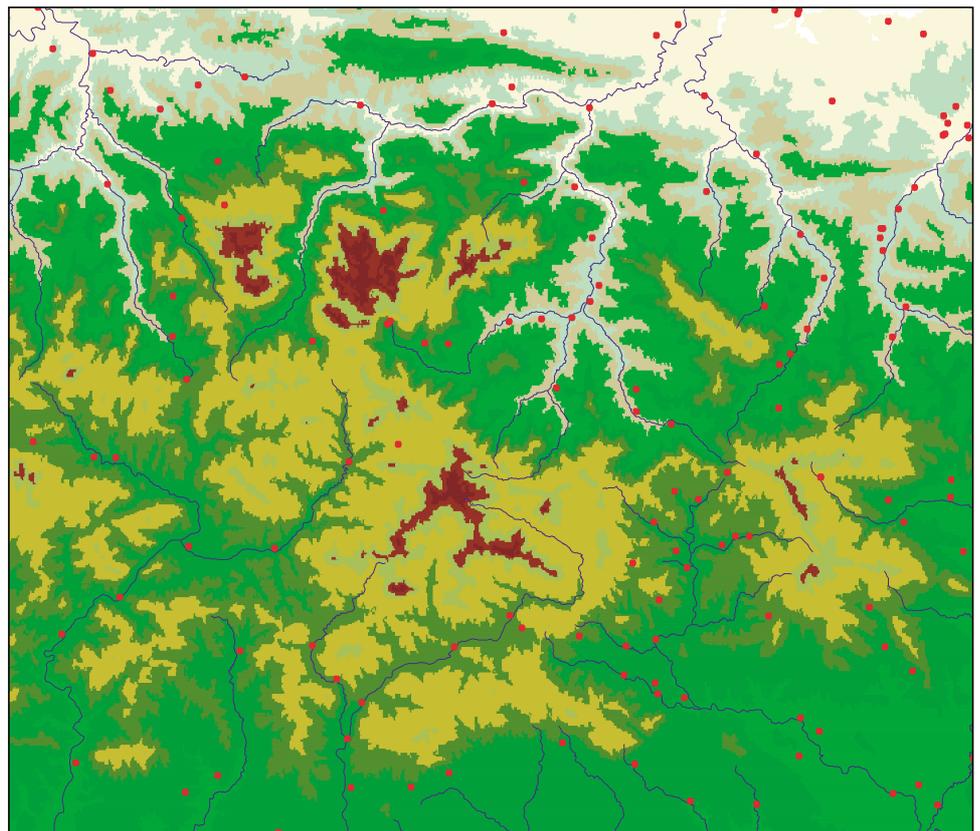


Figura 77. Mapa de distribución espacial de estaciones pluviométricas en los Picos de Europa, sobre un modelo digital del terreno

zan preferentemente en los valles y junto a los cauces, tal y como se muestra en la expresiva figura 77, que representa una zona de la Cornisa Cantábrica. La utilización directa de los datos registrados en las estaciones da lugar a una infravaloración importante del volumen de precipitación, debido al fuerte gradiente de crecimiento de la lluvia con la altitud.

En cuanto a la red oficial de aforos de aguas superficiales, puede afirmarse que su densidad es muy escasa en algunas cuencas, como es el caso del ámbito del Guadiana I, donde sólo se dispone, en media, de una estación de aforo cada 1.800 km². La equiparación de la red española a la media europea supondría prácticamente triplicar su densidad actual.

Otra deficiencia de la red oficial es que no contempla algunos puntos que serían clave para el conocimiento y gestión de los recursos hídricos.

En muchas ocasiones tampoco se tiene una idea precisa de la incertidumbre de los datos de caudal. Éstos se estiman de forma indirecta a partir de los niveles de agua y de la curva de gasto, que relaciona niveles y caudales. Esta curva se obtiene mediante aforos directos, que requieren una atención y un mantenimiento de la estación de aforos que no siempre se da por falta de disponibilidad presupuestaria. Es habitual que los datos de caudales de crecida se estimen a partir de extrapolaciones de la curva de gasto no apoyadas en aforos directos de aguas altas ni en modelos hidráulicos de funcionamiento de la estación, lo que conduce, en ocasiones, a que la fiabilidad de las estimaciones sea baja.

Aunque la mejora de esta red debiera ser una prioridad para la mayoría de los Organismos de cuenca, en la actualidad no existe un programa a escala nacional que contemple la coordinación, modernización, optimización de puntos de control, densificación de la red y mejora en su gestión.

Un programa de estas características debería contribuir a que las nuevas estaciones cumplieren los objetivos básicos de una red de propósito general, como son, entre otros: medir flujos y almacenamientos de agua superficial, tanto en tramos naturales como afectados, evaluar las crecidas de los ríos, complementar la interpretación de los datos de aguas subterráneas y calidad, proporcionar información para la planificación y gestión de los sistemas de explotación de recursos y apoyar la investigación hidrológica. La necesidad de tal programa resulta inexcusable.

La red SAIH también registra datos de aguas superficiales en un gran número de puntos y los transmite en tiempo real. Es deseable una mayor coordinación entre esta red y la ROEA, cuyas responsabilidades, en la mayoría de las ocasiones y por causa de la ya comentada orien-

tación inicial dada a la red SAIH, recaen en diferentes departamentos dentro del mismo Organismo de cuenca. No siempre se tiene en cuenta, por otra parte, que mucho más importante que la transmisión del dato en tiempo real es su fiabilidad, y que ésta solo se consigue con un adecuado mantenimiento y con técnicos especialistas hidrólogos e hidráulicos que no siempre están disponibles en estos Organismos.

Obviamente, será necesario extender las funcionalidades de las redes SAIH a todas las cuencas hidrográficas, completando su cobertura a escala nacional, y potenciando el desarrollo de las utilidades que este tipo de redes de tiempo real pueden proporcionar (alertas hidrometeorológicas para protección civil y planes de emergencia, gestión óptima de embalses en situaciones de crecida, etc.)

En definitiva, es conveniente que aunque diferentes Organismos o departamentos desarrollen y mantengan sus propias redes, se cree una base de datos global que integre toda la información hidrológica existente (convencionales, SAIH, territoriales, etc.) y la haga fácilmente accesible al público en un formato sencillo y homogéneo.

Ante la gran importancia de esta cuestión y la necesidad de mejorar la red oficial, verdadera red básica de medida del agua en España, se requerirá además, en el futuro inmediato, intensificar los esfuerzos de mantenimiento y mejora de esta red, integrar los datos de otras redes y difundir la importante información medioambiental generada.

En cuanto a las aguas subterráneas, las principales observaciones que pueden hacerse a las redes piezométricas e hidrométricas son la baja densidad de estaciones, ya reseñada anteriormente, y que no están diseñadas con criterios técnicos acordes con los objetivos que debe perseguir una red de carácter nacional. Hasta la fecha, salvo pequeñas excepciones, los puntos de control se sitúan en pozos o sondeos construidos para abastecimiento o regadío, generalmente de propiedad privada. Esto origina que la información pueda tener imprecisiones, y sea, en cierto modo, la que históricamente se ha podido encontrar en lugar de la que se desea y se busca.

Además, y como ya se apuntó, en los últimos años se ha producido un descenso en el número de puntos de estas redes, como muestra el paso de más de 4.500 puntos de la red de piezometría en el periodo 1980 a 1985, a menos de 3.000 en la actualidad. Hay que recordar que en 1985 se promulgó una Ley de Aguas que incluía, entre sus grandes decisiones, la demanialización de las aguas subterráneas. Sin embargo, y sor-

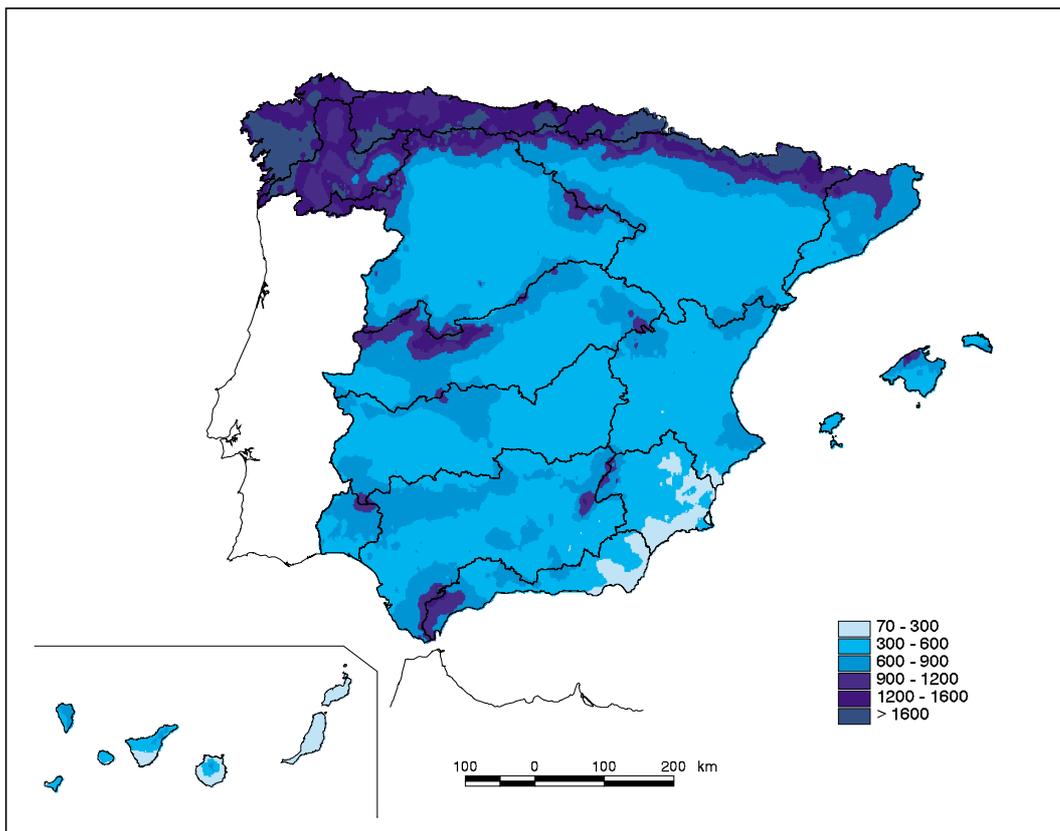


Figura 78. Mapa de valores medios de la precipitación anual (mm) en el periodo 1940/41-1995/96

prevemente, no sólo no se previeron reformas administrativas y actuaciones decididas tendentes a mejorar el conocimiento de estos recursos, sino que este conocimiento fue paulatinamente empeorando desde entonces.

El que en estos momentos se disponga de una información en general más escasa y de peor calidad que de la que se disponía hace veinte años es difícilmente justificable, y no puede entenderse más que en el contexto de una desacertada concepción de los objetivos y funciones de la Administración Hidráulica.

3.1.4. Recursos naturales

La evaluación de recursos hídricos en régimen natural es una tarea compleja que técnicamente aún no está definitivamente resuelta. Debe apoyarse en los datos registrados en las estaciones de aforo, que en la mayoría de las ocasiones miden regímenes afectados.

Como se comentó, la restitución a régimen natural de esos datos, aunque teóricamente sencilla, presenta en la práctica grandes dificultades, pues no es habitual disponer de suficiente información sobre la evolución temporal de los caudales detraídos de los ríos, de los bombeos en los acuíferos, de los retornos de riegos o abastecimientos, o de la gestión de la infraestructura hidráulica. Por esa razón debe también recurrirse, de forma combinada, a la utilización de modelos matemáticos de simu-

lación del ciclo hidrológico, cuya finalidad es reconstruir el régimen hidrológico natural a partir de datos meteorológicos, de las características físicas de las cuencas y de los datos registrados en las estaciones de aforo. Como se verá, tal aproximación combinada es la que se ha llevado a cabo en este Libro y, por vez primera, de forma distribuida y masiva para todo el país.

3.1.4.1. Escorrentías totales en régimen natural

Para el estudio de las escorrentías totales que se producen en nuestro territorio se analizará, en primer lugar, el régimen de precipitaciones y el de evapotranspiración. Estas son las dos variables climáticas básicas que, con el control geológico establecido por el terreno, configuran el régimen de las escorrentías. Tras ello se ofrecerá una evaluación de estas escorrentías totales, y se expondrán los procedimientos empleados y resultados obtenidos en el proceso de evaluación.

3.1.4.1.1. Precipitaciones

A escala interanual, la variabilidad espacial de las precipitaciones en España se muestra en el mapa adjunto, donde se reflejan los valores medios anuales de precipitación (en mm) para el periodo de 56 años comprendido entre los años hidrológicos (de octubre a septiembre) 1940/41 y 1995/96. Los valores que se muestran en el mapa se han obtenido interpolando los

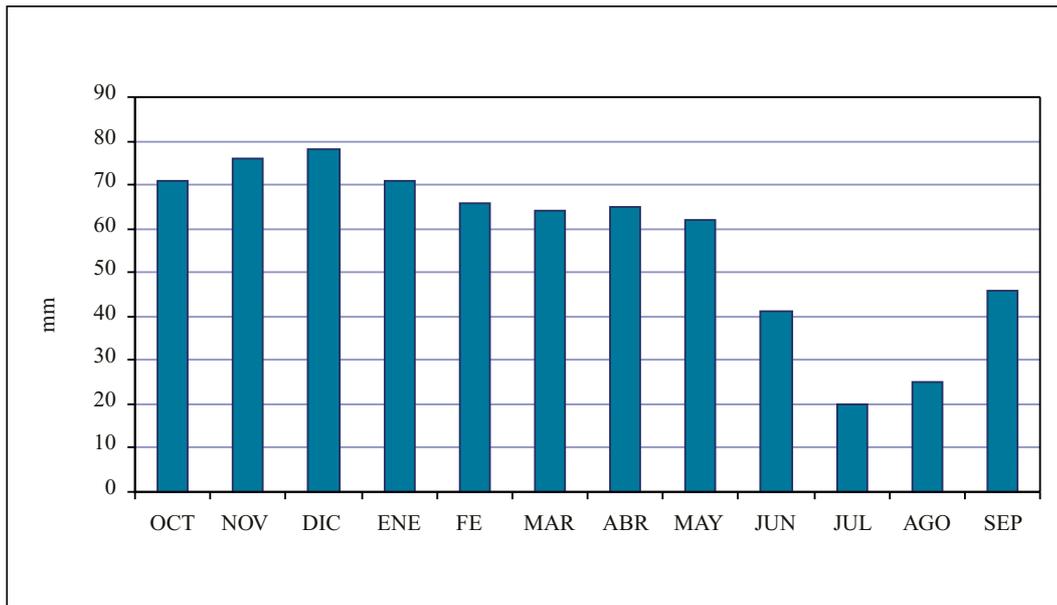


Figura 79. Distribución mensual de la precipitación media en España

datos registrados en los pluviómetros de la red del INM mediante el método del inverso de la distancia al cuadrado (fig. 78).

Los valores de precipitación anual varían mucho, desde los más de 1.600 mm en extensas zonas del territorio, en las que se superan incluso los 2.000 mm, a los 300 mm de amplias áreas del Sureste peninsular y los menos de 200 mm en algunas zonas de las Islas Canarias. La media para España es de 684 mm/año - equivalentes, como ya se vio, a 346 km³/año- y su distribución intraanual, a escala mensual, se muestra en la figura 79, en la que puede verse que, a escala global, el mes más lluvioso es el de diciembre, y el menos lluvioso es el de julio.

Es interesante también comprobar en esta figura la similitud de valores en el periodo entre enero y mayo,

resultante, sin duda, del efecto de superposición y promedio de distintos regímenes pluviométricos en diferentes áreas del país.

Por otra parte, y como complemento de la descripción de la variabilidad espacial, para caracterizar la variabilidad temporal de la lluvia en una zona se utilizan en general valores medios areales de una serie de precipitaciones suficientemente larga. En la figura 80 se muestran los valores anuales de precipitación media areal en España en el periodo de 56 años entre 1940/41 y 1995/96, junto con la media global para ese periodo.

El examen de la serie anterior pone de relieve que las rachas de años secos son más largas que las húmedas, como corresponde a datos no gaussianos y con sesgo positivo. Las dos rachas secas más largas, entendiéndose

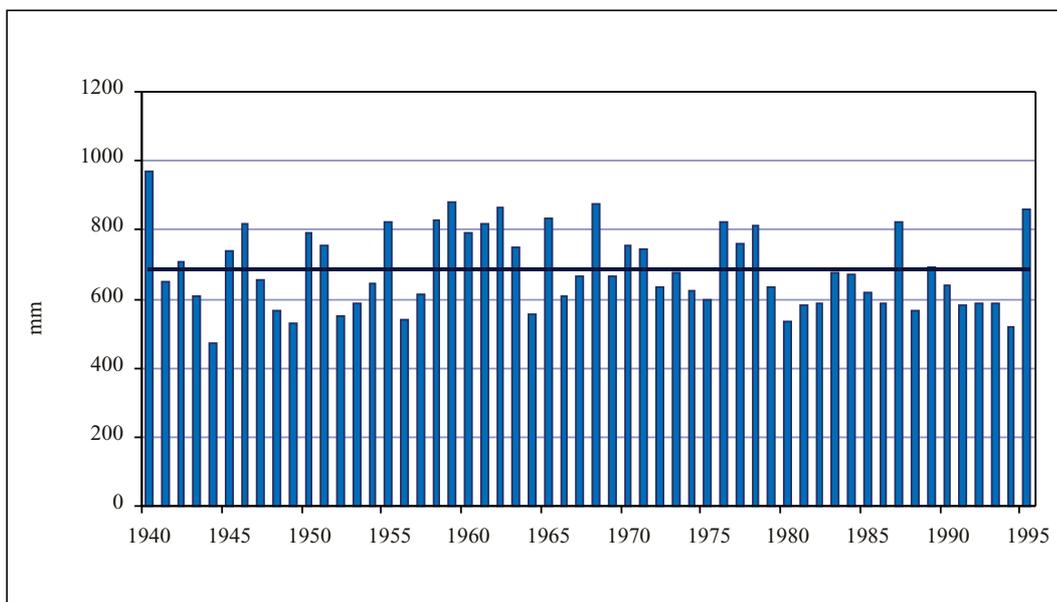


Figura 80. Serie de precipitaciones anuales medias en España en el periodo 1940/41 - 1995/96

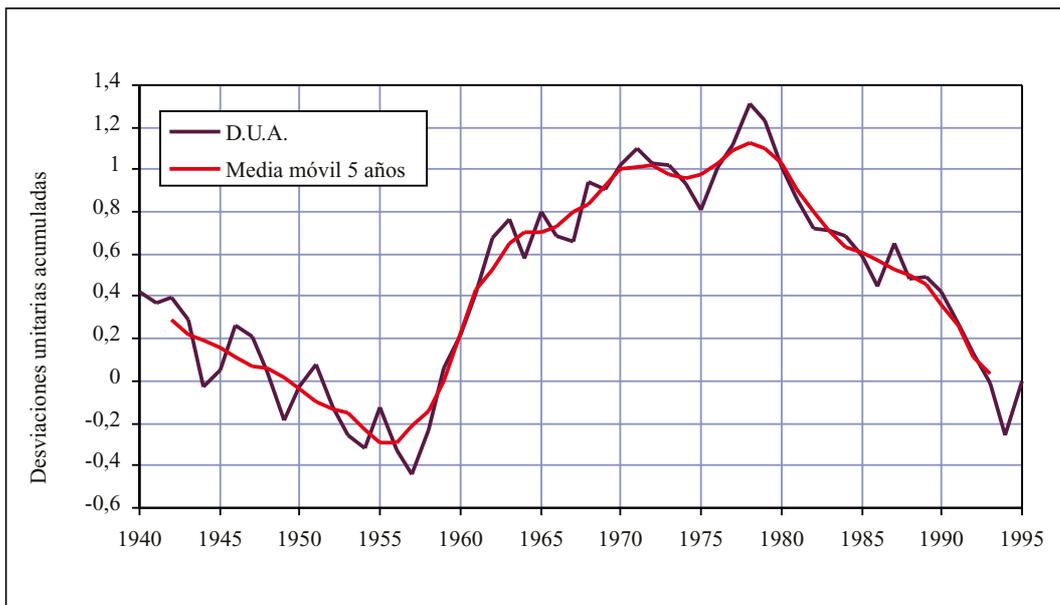


Figura 81. Rachas de la precipitación media anual en España en el periodo 1940/41-1995/96, a partir de las desviaciones unitarias acumuladas

por tales aquéllas donde no se supera la media de la serie, tienen una duración de 8 (periodo 1979/80 a 1986/87) y 5 años (1990/91 a 1994/95), mientras las dos húmedas más largas son de 6 (1958/59 a 1963/64) y 3 años (1976/77 a 1978/79). Es también interesante destacar que durante el periodo de 17 años comprendido entre 1979/80 y 1995/96, sólo en 3 ocasiones se ha excedido la media de la serie, lo que es bien ilustrativo, como veremos, de los graves problemas de escasez de agua que se han producido en los últimos años en muchos lugares de España.

Para apreciar mejor estas rachas de una forma global, se ha construido la serie de desviaciones unitarias acumuladas (desviación es la diferencia de un valor con respecto a la media de la serie, y desviación unitaria es la desviación dividida por la media), ofrecida, junto con su media móvil centrada de 5 años, en el gráfico adjunto. Tendencias crecientes reflejarán rachas húmedas, y tendencias decrecientes reflejarán rachas secas (fig. 81).

Es claramente perceptible en la figura anterior la existencia de 3 periodos distintos: uno globalmente seco

desde 1940 hasta 1957, al que sigue uno globalmente húmedo desde 1958 hasta 1978 (acaso con dos subperiodos de distinta intensidad separados por 1963), y al que, finalmente, sigue otro seco desde 1979 hasta 1995. Hasta qué punto tales rachas globales son representativas de los distintos territorios se verá más adelante, cuando volvamos sobre estas interesantes cuestiones al analizar otras rachas hidroclimáticas, las diferencias regionales, y el problema de la representatividad de los registros hidrológicos.

Un aspecto de interés es el de la estructura de autocorrelación de las lluvias anuales (es decir, las relaciones de dependencia de la lluvia de un año con respecto a las de los años pasados). Para su contraste, la figura 82 muestra las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial de la serie, junto con sus intervalos de confianza del 95%.

Ambas funciones muestran con nitidez la inexistencia de dependencia temporal de las precipitaciones anuales, lo que significa que no puede mejorarse la predicción de la pluviometría del año siguiente considerando la de los

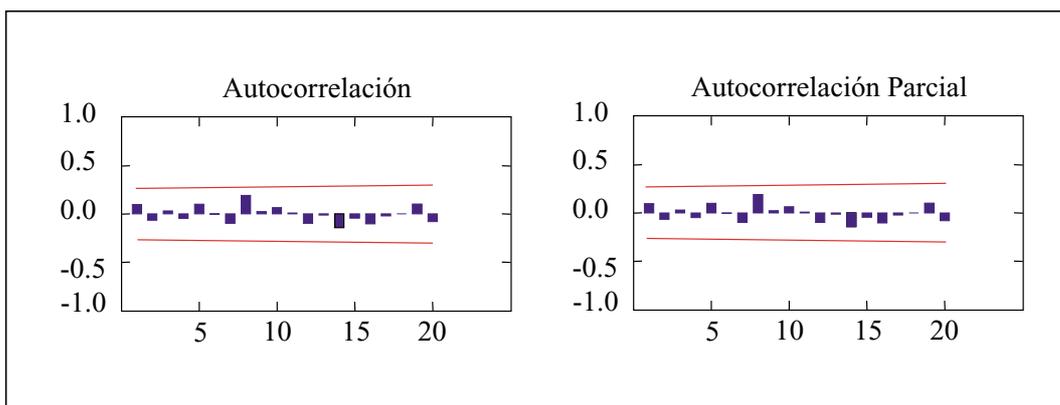


Figura 82. Funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial de las precipitaciones medias anuales en España en el periodo 1940/41-1995/96

Ambito de Planificación	Mínimo	Medio	Máximo	Máx/Mín	Coef. de variación	Coef. de sesgo	1er coef. de autocorrelación
Norte I	797	1.284	2.017	2,5	0,22	0,62	0,08
Norte II	899	1.405	1.888	2,1	0,14	-0,24	0,07
Norte III	958	1.606	2.282	2,4	0,16	-0,15	0,03
Duero	381	625	931	2,4	0,21	0,40	-0,02
Tajo	374	655	1.037	2,8	0,23	0,32	0,05
Guadiana I	261	521	755	2,9	0,25	0,07	0,19
Guadiana II	278	662	1.142	4,1	0,30	0,31	0,14
Guadalquivir	272	591	1.026	3,8	0,28	0,40	0,27
Sur	247	530	908	3,7	0,27	0,71	0,17
Segura	221	383	643	2,9	0,26	0,36	0,27
Júcar	302	504	805	2,7	0,21	0,61	0,19
Ebro	526	682	925	1,8	0,16	0,54	0,12
C. I. Cataluña	437	734	1.147	2,6	0,22	0,64	-0,18
Galicia Costa	929	1.577	2.324	2,5	0,20	0,27	0,01
Península	472	691	985	2,1	0,17	0,40	0,11
Baleares	381	595	975	2,6	0,23	0,76	0,20
Canarias	119	302	574	4,8	0,33	0,55	0,05
Total España	469	684	970	2,1	0,17	0,39	0,10

Tabla 10. Estadísticos básicos de las series de precipitaciones anuales areales correspondientes al periodo 1940/41-1995/96, por ámbitos de planificación hidrológica

anteriores, pues cada año es enteramente independiente del anterior, y se trata de un fenómeno sin memoria.

Asimismo no se observan, en apariencia, ciclos pluviométricos plurianuales de naturaleza periódica. Fenómenos como el del ciclo de actividad solar (relacionado con las manchas solares, que presentan periodos de unos 11 años) no parecen incidir sobre la pre-

cipitación media que se registra en España. Es curioso constatar que esta hipotética relación, muy estudiada en registros de todo el mundo desde la década de los 60, ya fue anticipada en nuestro país por Bentabol (1900), concluyendo - tras el estudio de Almería, el Ebro, Valencia, Valle del Guadalquivir, Castilla, Murcia y Francia -, que la periodicidad de las sequías

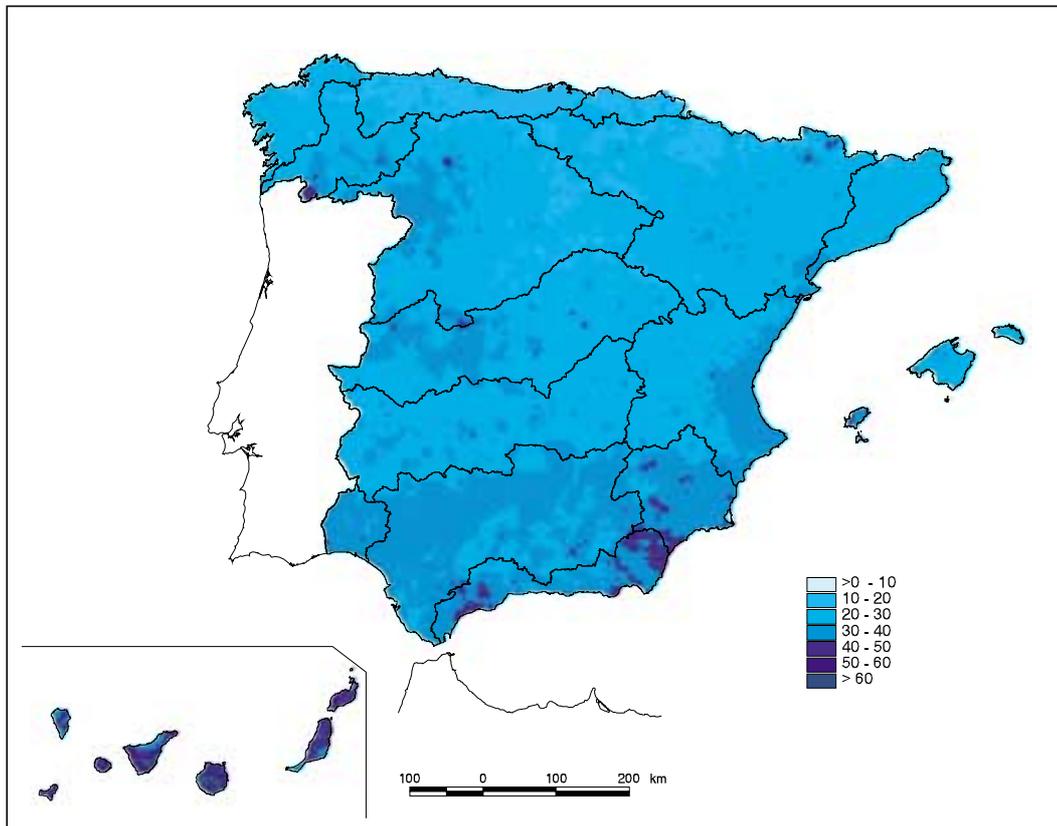


Figura 83. Mapa de coeficientes de variación (%) de la precipitación anual en el periodo 1940/41-1995/96

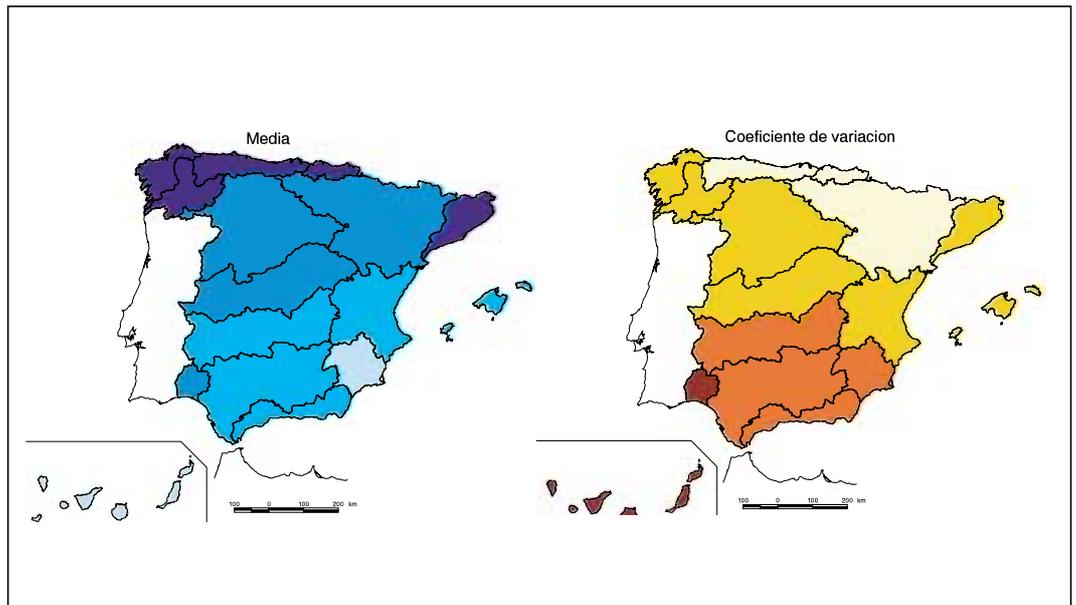


Figura 84. Mapas de medias y coeficientes de variación de las precipitaciones anuales por ámbitos de planificación

e inundaciones se daba aparentemente conforme al ciclo solar de modo generalizado y, muy especialmente, en Murcia. Como puede verse, los modernos análisis del registro pluviométrico no permiten soportar en la actualidad esta vieja hipótesis.

Considerando ahora las distintas áreas territoriales, en la tabla 10 se ofrecen distintas medidas estadísticas básicas de las series de precipitaciones areales anuales, para el periodo 1940/41 a 1995/96, en cada uno de los ámbitos territoriales de la planificación hidrológica.

Como puede verse, no solo hay grandes diferencias interterritoriales en las cuantías medias anuales de las lluvias, sino también en su variabilidad relativa, medida por el coeficiente de variación (cociente entre desviación típica y media). El mapa de la figura 83 mues-

tra la distribución espacial de este coeficiente, expresado en tanto por ciento.

Puede apreciarse que, sin perjuicio de la simplificación de emplear promedios areales de los ámbitos, que suavizan los valores puntuales extremos de su interior, las zonas de menor precipitación (Sur, Sureste, Islas Canarias, etc) tienen un coeficiente de variación mayor, lo que añade a la escasez en la precipitación una mayor irregularidad temporal. Lo contrario ocurre en las zonas de mayor precipitación, donde el coeficiente de variación es menor.

La figura 84 permite apreciar de forma visual y cualitativa, mediante la mera gradación cromática, este efecto de contraposición entre la cantidad y la variabilidad de las lluvias, a las escalas espaciales de los ámbitos de planificación.

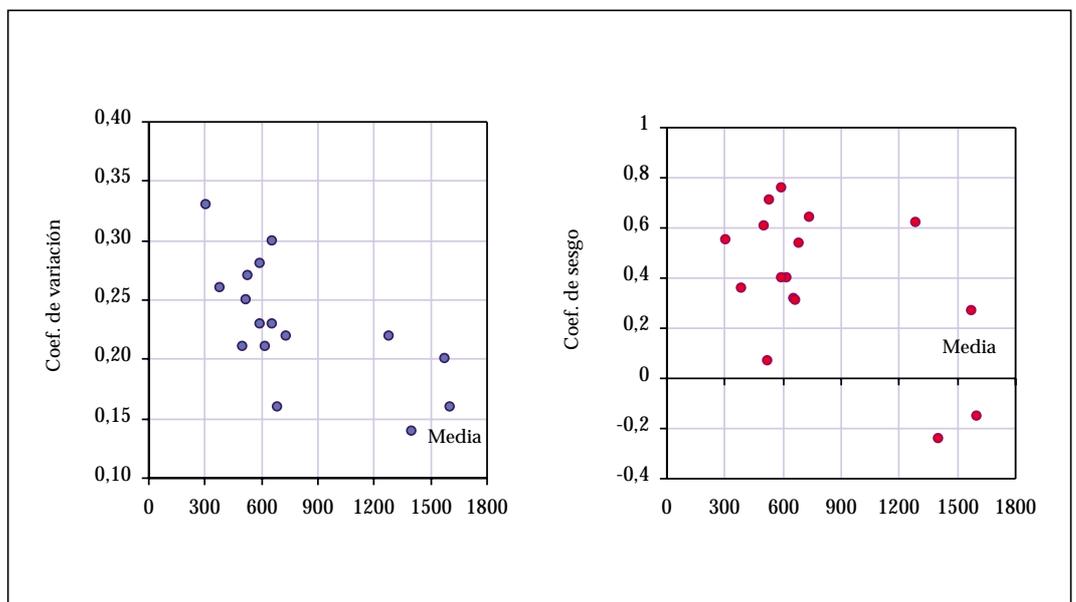


Figura 85. Precipitaciones medias frente a coeficientes de variación y de sesgo por ámbitos de planificación

	GAC	NO1	NO2	NO3	DUE	TAJ	GN1	GN2	GUV	SUR	SEG	JUC	EBR	CIC	BAL	CAN
GAC	1	0	0	1	0	0	0	0.08	0	1	1	1	0	1	1	1
NO1	0.84	1	0	1	0	0	0	0	0	0.87	1	1	0	1	1	1
NO2	0.58	0.62	1	0	0.1	0.61	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
NO3	0.3	0.23	0.82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.13	1	1	1
DUE	0.73	0.85	0.43	0.06	1	0	0	0	0	0	1	0.48	0	1	1	1
TAJ	0.59	0.78	0.37	0.03	0.92	1	0	0	0	0	1	0.1	0	0.96	1	1
GN1	0.59	0.71	0.33	0.02	0.85	0.92	1	0	0	0	1	0.02	0	0.56	1	1
GN2	0.44	0.53	0.14	-0.14	0.75	0.83	0.87	1	0	0	1	0.17	0.01	1	1	0.16
GUV	0.55	0.67	0.33	0.02	0.8	0.87	0.95	0.87	1	0	1	0.03	0	0.11	1	1
SUR	0.19	0.36	0.11	-0.14	0.54	0.67	0.73	0.78	0.83	1	0	0	0.08	0.45	1	1
SEG	0.01	0.04	0.02	-0.03	0.18	0.22	0.31	0.24	0.32	0.53	1	0	1	1	1	1
JUC	0.19	0.21	0.15	0.05	0.38	0.43	0.48	0.42	0.47	0.54	0.84	1	0	0	0.18	1
EBR	0.58	0.68	0.65	0.42	0.73	0.7	0.67	0.5	0.67	0.44	0.33	0.59	1	0	1	1
CIC	0.21	0.24	0.25	0.13	0.32	0.35	0.37	0.3	0.43	0.38	0.32	0.52	0.71	1	1	1
BAL	-0.07	0.09	0.22	0.14	0.03	0.1	0.06	-0.02	0.12	0.18	0.34	0.41	0.25	0.33	1	1
CAN	0.08	-0.02	0.04	-0.01	0.2	0.24	0.21	0.42	0.23	0.34	0.16	0.25	0.17	0.21	-0.11	1

Tabla 11. Matriz de correlación de las precipitaciones anuales areales por ámbitos de planificación hidrológica

Igualmente, los gráficos de la figura 85 muestran también el efecto de contraposición aludido, que parece asimismo darse -con la debida reserva de su alta variabilidad muestral- con los coeficientes de sesgo, indicadores de asimetría positiva y, por tanto, de una mayor presencia de extremos elevados.

En efecto, la observación de la tabla de estadísticos básicos muestra que el coeficiente de sesgo, aunque pequeño, en buena parte de los ámbitos adopta valores positivos significativamente distintos de cero, lo que indica un

cierto grado de asimetría en la distribución de la precipitación anual, siendo más probable la presentación de valores inferiores a la media que superiores, tal y como se comentó. En cuanto a la autocorrelación temporal, se observa que el valor del primer coeficiente de autocorrelación es muy pequeño y no significativo en todos los ámbitos, lo que confirma la ya apuntada independencia temporal de las precipitaciones anuales.

Avanzando en el estudio de la estructura espacio-temporal de estas lluvias, la tabla 11 muestra la matriz de

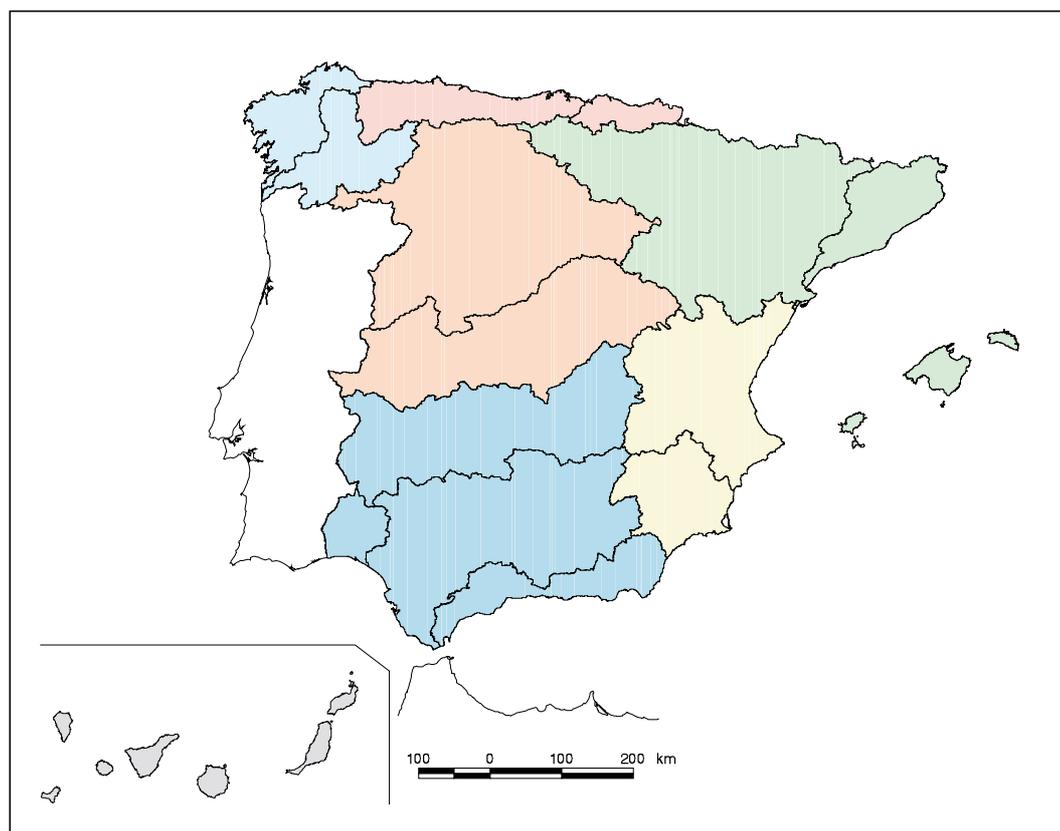


Figura 86. Regiones pluviométricas de los ámbitos territoriales de planificación