



# **LAS AGUAS CONTINENTALES EN LOS PAÍSES MEDITERRÁNEOS DE LA UNIÓN EUROPEA**

octubre de 2000



# **LAS AGUAS CONTINENTALES EN LOS PAÍSES MEDITERRÁNEOS DE LA UNIÓN EUROPEA**

## **Autores:**

**Teodoro Estrela, Concepción Marcuello y Mirta Dimas**  
**Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, España**

## **Colaboradores:**

Bernard Barraqué, École Nationale des Ponts et Chaussées, Francia  
Marcello Benedini, Water Research Institute, Italia  
Antonio Carmona, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Margarita Elvira, Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, España  
Antonis Koussis, Institute of Geology and Mineral Exploration, Grecia  
Concha Lallana, European Topic Centre on Inland Waters  
Juan López Martos, Ministerio de Medio Ambiente, España  
Jean Margat, Plan Bleu pour l'environnement et le développement en Méditerranée, Francia  
Manuel Menéndez, Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, España  
Steve Nixon, European Topic Centre on Inland Waters, Reino Unido  
Juan Manuel Ruiz, Ministerio de Medio Ambiente, España  
Pedro Cunha Serra, Instituto Regulador de Aguas y Residuos, Portugal  
Gaëtane Suzenete, Consultora externa, Belgica  
Manuel Varela, Ministerio de Medio Ambiente, España  
Juan Antonio Vera, Système Euro-Méditerranéen d'Information dans le Domaine de l'Eau  
(SEMIDE), Francia

## **Directores del Proyecto:**

**Fernando Esteban, Secretaría de Estado de Aguas y Costas del Ministerio de Medio  
Ambiente**  
**Teodoro Estrela, CEDEX del Ministerio de Fomento**





# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>2</b>	<b>MARCO FÍSICO Y BIÓTICO.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2</b>	<b>Orografía y suelos.....</b>	<b>21</b>
2.2.1	<i>Orografía.....</i>	<i>21</i>
2.2.2	<i>Litología y edafología .....</i>	<i>24</i>
2.2.3	<i>Usos de suelo.....</i>	<i>26</i>
<b>2.3</b>	<b>Climatología .....</b>	<b>27</b>
2.3.1	<i>Insolación y temperatura .....</i>	<i>28</i>
2.3.2	<i>Precipitación .....</i>	<i>29</i>
2.3.3	<i>Evapotranspiración.....</i>	<i>32</i>
2.3.4	<i>Aridez.....</i>	<i>33</i>
<b>2.4</b>	<b>Hidrografía .....</b>	<b>34</b>
2.4.1	<i>Ríos.....</i>	<i>34</i>
2.4.2	<i>Lagos.....</i>	<i>42</i>
2.4.3	<i>Humedales.....</i>	<i>43</i>
<b>2.5</b>	<b>El medio biótico y la biodiversidad .....</b>	<b>44</b>
<b>3</b>	<b>MARCO SOCIOECONÓMICO.....</b>	<b>48</b>
<b>3.1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>48</b>
<b>3.2</b>	<b>Población.....</b>	<b>49</b>
<b>3.3</b>	<b>Población estacional.....</b>	<b>55</b>
<b>3.4</b>	<b>Los sectores económicos .....</b>	<b>56</b>
3.4.1	<i>Introducción.....</i>	<i>56</i>
3.4.2	<i>La agricultura y el regadío.....</i>	<i>58</i>
3.4.3	<i>Industria y energía.....</i>	<i>61</i>
3.4.4	<i>Los servicios y el turismo.....</i>	<i>63</i>
<b>4</b>	<b>MARCO INSTITUCIONAL EN MATERIA DE AGUAS.....</b>	<b>65</b>
<b>4.1</b>	<b>La Unión Europea y los países mediterráneos .....</b>	<b>65</b>
4.1.1	<i>Desarrollo histórico, político e institucional de la UE .....</i>	<i>65</i>
4.1.2	<i>La organización político-administrativa y territorial de los países mediterráneos pertenecientes a la UE.....</i>	<i>69</i>
<b>4.2</b>	<b>El actual marco normativo.....</b>	<b>73</b>
4.2.1	<i>El Tratado de la Unión Europea y el medio ambiente hídrico.....</i>	<i>73</i>
4.2.2	<i>La convergencia europea .....</i>	<i>75</i>
4.2.3	<i>Las directivas comunitarias y la Directiva Marco de Agua.....</i>	<i>77</i>
4.2.4	<i>Legislaciones nacionales.....</i>	<i>79</i>
4.2.5	<i>Acuerdos y convenciones internacionales.....</i>	<i>88</i>
<b>4.3</b>	<b>Instituciones y organizaciones.....</b>	<b>90</b>

<b>5</b>	<b>LOS RECURSOS HÍDRICOS Y LOS USOS DE AGUA.....</b>	<b>107</b>
<b>5.1</b>	<b>Los recursos hídricos totales.....</b>	<b>107</b>
5.1.1	<i>Introducción.....</i>	<i>107</i>
5.1.2	<i>Los recursos hídricos de un territorio .....</i>	<i>107</i>
5.1.3	<i>Los recursos hídricos de origen subterráneo .....</i>	<i>117</i>
<b>5.2</b>	<b>Los recursos hídricos disponibles .....</b>	<b>120</b>
5.2.1	<i>Introducción.....</i>	<i>120</i>
5.2.2	<i>Recursos convencionales. Los recursos regulados con embalses y los explotados subterráneamente.....</i>	<i>121</i>
5.2.3	<i>Recursos no convencionales. La reutilización y la desalación de agua del mar.....</i>	<i>123</i>
5.2.4	<i>Las transferencias entre cuencas.....</i>	<i>125</i>
<b>5.3</b>	<b>Los usos del agua: estado actual y predicciones futuras .....</b>	<b>130</b>
5.3.1	<i>Los requerimientos ambientales .....</i>	<i>130</i>
5.3.2	<i>El conocimiento de los usos y demandas. Conceptos y definiciones.....</i>	<i>131</i>
5.3.3	<i>La demanda total de agua.....</i>	<i>133</i>
5.3.4	<i>La demanda urbana.....</i>	<i>136</i>
5.3.5	<i>La demanda agraria.....</i>	<i>142</i>
5.3.6	<i>La demanda industrial .....</i>	<i>146</i>
5.3.7	<i>La demanda energética.....</i>	<i>150</i>
5.3.8	<i>Nuevas demandas sociales. El uso recreativo.....</i>	<i>153</i>
5.3.9	<i>La demanda total y la demanda consuntiva.....</i>	<i>154</i>
<b>5.4</b>	<b>Indicadores de uso del agua .....</b>	<b>159</b>
5.4.1	<i>Introducción.....</i>	<i>159</i>
5.4.2	<i>Los índices de explotación y consumo.....</i>	<i>160</i>
<b>5.5</b>	<b>Situaciones de estrés hídrico .....</b>	<b>164</b>
5.5.1	<i>Las sequías .....</i>	<i>164</i>
5.5.2	<i>Las inundaciones.....</i>	<i>168</i>
5.5.3	<i>La erosión y desertificación en las cuencas .....</i>	<i>174</i>
5.5.4	<i>La salinización de los suelos.....</i>	<i>177</i>
5.5.5	<i>La sobreexplotación de los acuíferos.....</i>	<i>178</i>
5.5.6	<i>Impactos en los humedales por sobreexplotación de los recursos subterráneos.....</i>	<i>181</i>
5.5.7	<i>La incertidumbre del cambio climático y su impacto en los recursos.....</i>	<i>182</i>
<b>6</b>	<b>LA CALIDAD DE LAS AGUAS .....</b>	<b>185</b>
<b>6.1</b>	<b>Calidad de las aguas y fuentes de contaminación .....</b>	<b>185</b>
6.1.1	<i>La calidad natural y el concepto de contaminación.....</i>	<i>185</i>
6.1.2	<i>Principales fuentes contaminantes por sectores. Fuentes puntuales y difusas .....</i>	<i>187</i>
<b>6.2</b>	<b>La contaminación de las aguas superficiales.....</b>	<b>192</b>
6.2.1	<i>La contaminación por materia orgánica en los ríos.....</i>	<i>192</i>
6.2.2	<i>La contaminación por nutrientes de las masas de agua .....</i>	<i>195</i>
6.2.3	<i>La contaminación por metales pesados en los ríos.....</i>	<i>205</i>
6.2.4	<i>La contaminación por compuestos orgánicos.....</i>	<i>210</i>
6.2.5	<i>La contaminación microbiológica.....</i>	<i>211</i>
6.2.6	<i>La contaminación térmica.....</i>	<i>212</i>
<b>6.3</b>	<b>La contaminación de las aguas subterráneas.....</b>	<b>213</b>
6.3.1	<i>El principio de prevención .....</i>	<i>213</i>
6.3.2	<i>La contaminación por nitratos.....</i>	<i>214</i>
6.3.3	<i>La contaminación por plaguicidas .....</i>	<i>216</i>
6.3.4	<i>La contaminación por metales pesados.....</i>	<i>217</i>

6.3.5	<i>La salinización de los acuíferos por intrusión marina.....</i>	217
<b>6.4</b>	<b>La calidad de las aguas en relación con los usos.....</b>	<b>219</b>
6.4.1	<i>Introducción.....</i>	219
6.4.2	<i>Las aguas potables para el consumo humano.....</i>	219
6.4.3	<i>La aptitud de las aguas para el baño.....</i>	226
6.4.4	<i>La vida piscícola.....</i>	228
<b>7</b>	<b>POLÍTICAS DEL AGUA Y ESTRATEGIAS DE RESPUESTA.....</b>	<b>229</b>
<b>7.1</b>	<b>Fundamentos básicos.....</b>	<b>229</b>
7.1.1	<i>El agua como soporte de vida.....</i>	229
7.1.2	<i>Uso racional y desarrollo sostenible.....</i>	230
<b>7.2</b>	<b>Fundamentos ambientales.....</b>	<b>232</b>
7.2.1	<i>El impacto medioambiental socialmente aceptable.....</i>	232
7.2.2	<i>Zonas de protección especial.....</i>	233
<b>7.3</b>	<b>Fundamentos sociales.....</b>	<b>235</b>
7.3.1	<i>El agua como activo social.....</i>	235
7.3.2	<i>El sentido territorial del agua.....</i>	235
7.3.3	<i>La participación de los agentes sociales y el acceso a la información.....</i>	236
<b>7.4</b>	<b>Fundamentos económicos.....</b>	<b>237</b>
7.4.1	<i>El principio de recuperación de costes.....</i>	237
7.4.2	<i>Los precios del agua.....</i>	238
7.4.3	<i>La participación social en la financiación de la accesibilidad al uso del agua.....</i>	240
<b>7.5</b>	<b>Fundamentos legales: La nueva Directiva Marco del Agua.....</b>	<b>241</b>
<b>7.6</b>	<b>Relación con otras políticas.....</b>	<b>243</b>
7.6.1	<i>Las políticas de medio ambiente.....</i>	243
7.6.2	<i>Las iniciativas comunitarias en materia de ordenación y desarrollo territorial.....</i>	245
7.6.3	<i>Las políticas de cohesión económica y social.....</i>	246
7.6.4	<i>La política de la competencia.....</i>	248
7.6.5	<i>La política agraria común (PAC).....</i>	249
7.6.6	<i>La investigación y desarrollo (I+D) en materia de agua.....</i>	250
<b>7.7</b>	<b>El incremento de la oferta.....</b>	<b>252</b>
7.7.1	<i>Introducción.....</i>	252
7.7.2	<i>La regulación mediante embalses.....</i>	253
7.7.3	<i>Los transvases intercuenas.....</i>	254
7.7.4	<i>La utilización de acuíferos y la gestión conjunta con las aguas superficiales.....</i>	256
7.7.5	<i>Los recursos no convencionales.....</i>	257
<b>7.8</b>	<b>La gestión de la demanda.....</b>	<b>258</b>
7.8.1	<i>Introducción: los conceptos de gestión de la demanda y conservación del agua.....</i>	258
7.8.2	<i>La gestión de la demanda en los usos urbanos.....</i>	259
7.8.3	<i>La gestión de la demanda agrícola.....</i>	261
7.8.4	<i>Los contratos de cesión de derechos sobre los recursos.....</i>	262
<b>7.9</b>	<b>La gestión de situaciones extremas.....</b>	<b>263</b>
7.9.1	<i>Introducción.....</i>	263
7.9.2	<i>La gestión de las sequías.....</i>	263
7.9.3	<i>La gestión de las inundaciones.....</i>	264
<b>7.10</b>	<b>La gestión de la calidad.....</b>	<b>267</b>



7.10.1	<i>El buen estado de las aguas. Estrategias de actuación .....</i>	267
7.10.2	<i>El conocimiento del estado de las aguas .....</i>	268
7.10.3	<i>Los instrumentos legislativos.....</i>	269
7.10.4	<i>Los instrumentos económicos .....</i>	272
7.10.5	<i>El control de los vertidos urbanos e industriales .....</i>	272
7.10.6	<i>La prevención frente a la contaminación agrícola.....</i>	273
7.10.7	<i>Los sistemas de alcantarillado y las plantas de tratamiento de las aguas residuales.....</i>	274
7.10.8	<i>Las emisiones al mar Mediterráneo. El Plan de Acción para el Mediterráneo (PAM) y el convenio de Barcelona.....</i>	279
<b>7.11</b>	<b>La planificación hidrológica .....</b>	<b>281</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>284</b>

## FIGURAS

<b>Figura 1. Modelo digital del terreno de Europa. Fuente: U.S. Geological Survey's EROS Data Center.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 2. Mapa de cuencas vertientes al mar Mediterráneo y al océano Atlántico.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 3. Mapa de litología. Fuente: Base de datos GISCO de EUROSTAT .....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 4. Mapa de edafología. Fuente: Base de datos GISCO de EUROSTAT.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 5. Mapa de usos de suelo de Europa. Fuente: EEA, CORINE LAND COVER. Resolución 250 m X 250 m .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 6. Mapa de temperaturas medias anuales en °C en Europa para el periodo 1940/41-1995/96. Fuente de los datos: CRU, 1998.....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 7. Precipitación media anual en mm en Europa, periodo 1940/41-1995/96. Fuente de los datos: CRU, 1998.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 8. Relación porcentual entre la precipitación máxima diaria y la media anual en los países mediterráneos. Elaboración propia a partir de datos de EUROSTAT .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 9. Evapotranspiración potencial media anual en mm en los países mediterráneos. Elaboración propia a partir de datos de EUROSTAT .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 10. Índice de aridez de la UNESCO en los países mediterráneos. Elaboración propia a partir de datos de EUROSTAT. ....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 11. Ríos más largos de los países mediterráneos. Fuente: Elaborada a partir de información de EUROSTAT .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 12. Ríos y cuencas hispano – portuguesas (tomada de MIMAM, 1998).....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 13. Perfiles longitudinales de algunos ríos europeos mediterráneos (Elaboración propia a partir del modelo digital del terreno del U.S. Geological Survey con resolución 1.000 m x 1.000 m).....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 14. Distribución estacional de los caudales del río Acheloos en Avlako (Grecia). Fuente: MED-HYCOS .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 15. Distribución estacional de los caudales del río Ródano en Beaucaire (Francia). Período 1990-97 excepto año 91. Fuente: MED-HYCOS.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 16. Distribución estacional de los caudales del río Tíber en Ripetta (Italia). Período 1990-96. Fuente: MED-HYCOS .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 17. Distribución estacional de los caudales del río Guadiaro en San Pablo de Buceite (España). Período 1990-96. Fuente: MED-HYCOS .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 18. Mapa de humedales en los países mediterráneos (elaborado a partir de CORINE LAND COVER, resolución 250 m x 250 m) .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 19. Regiones biogeográficas incluidas en los países mediterráneos. Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente.....</b>	<b>47</b>

<b>Figura 20. Comparación de los niveles relativos del producto real per capita en el periodo comprendido entre 1860 y 1993 (producto real per cápita de Alemania = 100). Elaborada a partir de datos de García et al, 1997).....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 21. Mapa de urbanización y densidades de población (Fuente: EUROSTAT) .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 22. Mapa de distribución espacial de la población (hab/km<sup>2</sup>) con resolución de 5 km x 5 km (Elaboración propia a partir de los usos de suelo de CORINE LAND COVER (EEA), del mapa del grado de urbanización de EUROSTAT y de los datos de población por regiones hidrográficas. Fuente de los datos: CEDEX, 1998 a, WRI, 1997 y Correia, 1998a).....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 23. Desarrollo demográfico en el periodo 1991-1995. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de EUROSTAT .....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 24. Evolución histórica y proyecciones de la población (Fuente: Base de datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente).....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 25. Evolución histórica y proyecciones de la proporción de población urbana respecto de la población total (Fuente: Base de datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente).....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 26. Población permanente y estacional en las ciudades costeras mediterráneas (Fuente: UNEP/WHO, 1996).....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 27. Evolución del porcentaje de empleo en el conjunto de los sectores industrial y de servicios. Fuentes: Garcia et al, 1997 ; OECD, 1998a.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 28. Contribución de los distintos sectores al PIB. (Fuente: OECD, 1998a).....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 29. Contribución de los distintos sectores al empleo (Fuente: OECD, 1998a).....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 30. Variación del porcentaje del sector agrícola en el PIB (Fuente: Base de datos de la OECD).....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 31. Mapa de regadíos con celdas de 250 m x 250 m derivado del mapa de Usos de suelo de CORINE LAND COVER (EEA). .....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 32. Evolución y proyección de la superficie regada en los países mediterráneos. Fuente: Base de datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente .....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 33. Mapa de actividad industrial derivado del mapa de Usos de suelo de CORINE LAND COVER.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 34. Evolución de la energía hidroeléctrica (en % respecto a la energía total) en los países mediterráneos.....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 35. Evolucion del empleo (directo e indirecto) generado por el turismo y proyección al año 2010 (Fuente: WTTC, 2000).....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 36. Contribucion del turismo al PIB en el año 2000 y proyección al 2010 (en % del total). (Fuente: WTTC, 2000).....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 37. Frecuencia del turismo en el arco mediterráneo durante la estación del verano (en miles de turistas) para el año 1990. Fuente: EEA, 1999b.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 38. Mapa con los países de la Unión Europea (destacados en color oscuro los objeto del presente informe).....</b>	<b>67</b>

<b>Figura 39. Ministerio de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de Portugal. Fuente: Serra, 2000.....</b>	<b>91</b>
<b>Figura 40. Las Direcciones Regionales de Medio Ambiente y de Ordenación Territorio (DRAOTs) y las cuencas de los principales ríos en Portugal.....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 41. Ámbitos territoriales de planificación de cuenca en Portugal.....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 42. Organigrama del Ministerio de Medio Ambiente de España.....</b>	<b>94</b>
<b>Figura 43. Ámbitos territoriales de la planificación hidrológica en España .....</b>	<b>96</b>
<b>Figura 44. Organigrama general del Ministerio de Planificación Territorial y Medio Ambiente (MATE) de Francia.....</b>	<b>98</b>
<b>Figura 45. Agencias del Agua en Francia.....</b>	<b>99</b>
<b>Figura 46. Cuencas italianas y su clasificación (Fuente: Ministero dei Lavori Pubblici). .....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 47. Agrupación de cuencas hidrográficas en Italia.....</b>	<b>103</b>
<b>Figura 48. Distritos del agua en Grecia.....</b>	<b>104</b>
<b>Figura 49. Precipitación media anual en mm en la Europa mediterránea en el período 1961-90. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat.....</b>	<b>108</b>
<b>Figura 50. Evapotranspiración potencial media anual en mm en Europa mediterránea en el periodo 1961-90. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat .....</b>	<b>109</b>
<b>Figura 51. Evapotranspiración real media anual en mm en Europa mediterránea en el periodo 1961-90. Fuente: Elaboración propia mediante la aplicación de la ley de Budyko a partir de los mapas de precipitación (Figura 49) y evapotranspiración potencial (Figura 50) .....</b>	<b>110</b>
<b>Figura 52. Variabilidad temporal de la precipitación en los países de la Europa Mediterránea (periodo 1901/02-1995/96). Fuente: CRU, 1998.....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 53. Variabilidad temporal de la precipitación en distintas cuencas españolas (periodo 1940/41 a 1995/96). Fuente de los datos: MIMAM, 1998 .....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 54. Escorrentía media anual en mm en los países mediterráneos en el periodo 1961-90. Fuente: Elaboración propia como diferencia de los mapas de precipitación (Figura 49) y evapotranspiración real (Figura 51) .....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 55. Recurso interno por cuencas (mm). Fuente de los datos: CEDEX, 1998a y WRI, 1997 .....</b>	<b>114</b>
<b>Figura 56. Serie de aportaciones totales anuales en régimen natural en la España peninsular (periodo 1940/41-1995/96). Fuente: MIMAM, 1998.....</b>	<b>116</b>
<b>Figura 57. Distribución media anual de los Q90 en mm (elaborada a partir de EEA, 1998)...</b>	<b>117</b>
<b>Figura 58. Tipología de los recursos subterráneos en los países mediterráneos de la UE. Fuente: RIVM-RIZA, 1991 .....</b>	<b>118</b>
<b>Figura 59. Recarga por infiltración de lluvia (hm<sup>3</sup>/año) en la unidad hidrogeológica de la Mancha Oriental (periodo 1940/41 a 1995/96) .....</b>	<b>120</b>
<b>Figura 60. Transferencia Tajo - Segura en España (tomada de MIMAM, 1998) .....</b>	<b>126</b>
<b>Figura 61. Canal de Provenca (elaborada a partir de CEDEX, 1994) .....</b>	<b>127</b>
<b>Figura 62. Trasvase Bajo Ródano-Languedoc (elaborada a partir de CEDEX, 1994).....</b>	<b>128</b>

<b>Figura 63. Abastecimiento de Atenas (elaborada a partir de CEDEX, 1994) .....</b>	<b>129</b>
<b>Figura 64. Previsiones de evolución de la demanda total de riego en España en diferentes documentos oficiales (tomada de MIMAM, 1998).....</b>	<b>132</b>
<b>Figura 65. Porcentaje de la demanda de agua en los países mediterráneos según distintos usos. Fuente: ETC/IW, 1997 y OECD, 1998 a .....</b>	<b>134</b>
<b>Figura 66. Porcentaje de agua detraída según su origen, respecto del total. (Fuente: EEA, 1999b) .....</b>	<b>135</b>
<b>Figura 67. Evolución temporal y proyección de la demanda total de agua en los países mediterráneos. Fuente: Base de datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente .....</b>	<b>135</b>
<b>Figura 68. Demanda urbana(en mm/año) en los países mediterráneos (resolución celda 5 km x 5 km). Fuente: Elaboración propia a partir de información de CORINE LAND-COVER con resolución 250 m X 250 m, mapa de grado de urbanización de EUROSTAT y dotaciones brutas por cuencas hidrográficas de la Tabla 26 .....</b>	<b>138</b>
<b>Figura 69. Cantidad de agua destinada a uso urbano. (Fuente: Base de datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente) .....</b>	<b>140</b>
<b>Figura 70. Demanda urbana y población en Francia (Fuente: Base de datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente) .....</b>	<b>141</b>
<b>Figura 71. Demanda agrícola (en mm) en los países mediterráneos (resolución celda 5 km x 5 km).Fuente: Elaboración propia a partir de información de CORINE LAND-COVER de resolución 250 m X 250 m y dotaciones brutas por cuencas de la Tabla 30 .....</b>	<b>144</b>
<b>Figura 72. Evolución de la demanda de agua de la para uso industrial y de la producción industrial en España y Francia en el periodo 1980 a 1995 (referida porcentualmente al año 1991). Fuente: OECD 1998a y EEA 1999c.....</b>	<b>147</b>
<b>Figura 73. Demanda industrial (en mm/año) en los países mediterráneos(resolución 5 km x 5 km). Fuente: Elaboración propia a partir de información de usos industriales CORINE LAND-COVER con resolución 250 m X 250 m y dotaciones unitarias por cuencas de Tabla 33. ....</b>	<b>148</b>
<b>Figura 74. Evolución del número de licencias de pesca en España (tomada de MIMAM, 1998) .....</b>	<b>153</b>
<b>Figura 75. Demandas totales (en mm) en las distintas cuencas. Fuente: CEDEX (1998 a), WRI (1997), Correia (1998 a), MIMAM (1998), INAG (1999) y Corine Land Cover .....</b>	<b>157</b>
<b>Figura 76. Demandas consuntivas (en mm) en las distintas cuencas.Fuente: CEDEX (1998 a), WRI (1997), Correia (1998 a), MIMAM (1998), INAG (1999) y Corine Land Cover.....</b>	<b>158</b>
<b>Figura 77. Demandas totales y consuntivas (en hm<sup>3</sup>/año) en los países considerados.....</b>	<b>159</b>
<b>Figura 78. Índice de explotación en las cuencas (en %).....</b>	<b>162</b>
<b>Figura 79. Índice de consumo en las cuencas (en %) .....</b>	<b>163</b>
<b>Figura 80. Disminución porcentual de la precipitación en el periodo 1988-1992 respecto a los valores medios del periodo 1900-1996.....</b>	<b>166</b>

<b>Figura 81. Relación entre la precipitación máxima diaria y la precipitación media anual en los países mediterráneos (periodo 1940/41-1995/96). Fuente de los datos: Eurostat.....</b>	<b>169</b>
<b>Figura 82. Localización de las principales zonas con avenidas relámpago (flash-floods) en la Europa mediterránea (tomada de ETC-IW, 1999).....</b>	<b>170</b>
<b>Figura 83. Relación entre el caudal extraordinario y medio anual según la región y el área de la cuenca (tomada de ETC-IW, 1999). .....</b>	<b>171</b>
<b>Figura 84. Erosión debida al agua en los países mediterráneos y su incidencia en la pérdida de suelo y en la deformación del terreno. Fuente: EEA, 1995 .....</b>	<b>176</b>
<b>Figura 85. Problemas de sobreexplotación observados en los países mediterráneos de la UE representados sobre el mapa del índice de aridez. Fuente: RIVM-RIZA, 1991.....</b>	<b>179</b>
<b>Figura 86. Evolución desde 1855 de la variación de la temperatura media global de la Tierra respecto a la media de la serie (°C) (tomada de MIMAM, 1998).....</b>	<b>182</b>
<b>Figura 87. Evolución desde 1901 de la variación de la temperatura media global varios países mediterráneos respecto a la media de la serie (°C) (elaborada a partir de datos de CRU, 1998) .....</b>	<b>183</b>
<b>Figura 88. Disminución porcentual de la escorrentía para una disminución de 1°C de la temperatura y un 5% de la precipitación en España (tomada de MIMAM, 1998).....</b>	<b>185</b>
<b>Figura 89. Distribución territorial de los retornos (en mm/año) de los usos urbano e industrial en los países mediterráneos (resolución celda 5 km x 5 km). Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de la Figura 68 y la Figura 71 .....</b>	<b>190</b>
<b>Figura 90. Evolución temporal de la DBO<sub>5</sub> en algunos ríos de los países mediterráneos. Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998. ....</b>	<b>193</b>
<b>Figura 91. Concentración media anual de DBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/l) en los ríos de los países mediterráneos. Fuente: EEA, 1998.....</b>	<b>194</b>
<b>Figura 92. Concentración media anual de oxígeno disuelto (mg O<sub>2</sub>/L) en algunos ríos de los países mediterráneos en el período 1970-96. Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998. ....</b>	<b>194</b>
<b>Figura 93. Concentración de nitratos (en mg/L) en determinados ríos de la UE mediterránea Fuente: EEA, 1999e.....</b>	<b>197</b>
<b>Figura 94. Evolución temporal de nitratos en algunos ríos de los países mediterráneos. Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998. ....</b>	<b>197</b>
<b>Figura 95. Evolución temporal de nitratos en algunos ríos españoles y contraste con las precipitaciones medias anuales en España. Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998. ....</b>	<b>198</b>
<b>Figura 96. Concentración media anual de amonio por país (en mg/L) según los datos de determinados ríos. Fuente: Correia, F. N., 1998a y MIMAM, 1998.....</b>	<b>199</b>
<b>Figura 97. Concentración de fósforo (mg/L) en determinados ríos de la UE mediterránea (Fuente: OECD, 1999) .....</b>	<b>202</b>

<b>Figura 98. Evolución temporal de fosforo total (P-total) en algunos ríos de los países mediterráneos (Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998).....</b>	<b>203</b>
<b>Figura 99. Evolución temporal de la concentración de Cadmio en algunos ríos de los países mediterráneos (Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998).....</b>	<b>208</b>
<b>Figura 100. Evolución temporal de la concentración de plomo en algunos ríos de los países mediterráneos (Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998).....</b>	<b>209</b>
<b>Figura 101. Evolución temporal de la concentración de cobre en algunos ríos de los países mediterráneos (Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998).....</b>	<b>210</b>
<b>Figura 102. Contaminación por nitratos (mg NO<sub>3</sub>/L) en aguas subterráneas (elaborada a partir de EEA, 1998). Nota: en Italia no se dispone de datos.....</b>	<b>215</b>
<b>Figura 103. Intrusión marina en los países mediterráneos. Fuente: EEA, 1995.....</b>	<b>218</b>
<b>Figura 104. Calidad del agua para la producción de agua potable en Portugal (Fuente: INAG) .....</b>	<b>224</b>
<b>Figura 105. Mapa de aptitud del agua para la producción de agua potable según los valores imperativos de la Directiva 75/440/CEE en España (tomada de MIMAM, 1998).....</b>	<b>225</b>
<b>Figura 106 . Calidad de las aguas para baño en los países de la UE Mediterránea. Fuente: CE, 1999c. ....</b>	<b>227</b>
<b>Figura 107. Humedales designados de importancia internacional en la convención RAMSAR. Fuente: <a href="http://ramsar.org/">http://ramsar.org/</a>.....</b>	<b>234</b>
<b>Figura 108. Evolución de la inversión en obras hidráulicas en España respecto al total de inversión en infraestructuras. Fuentes: Garcia et al, 1997. ....</b>	<b>253</b>
<b>Figura 109. Capacidad de embalse total (hm<sup>3</sup>) y aportación total (hm<sup>3</sup>/año) por países. Fuentes: ICOLD 1984/1988, datos actualizados hasta noviembre, 1997 .....</b>	<b>254</b>
<b>Figura 110. Nivel de protección frente a inundaciones en función de los usos del suelo. Fuente: ETC-IW (1999b).....</b>	<b>265</b>
<b>Figura 111. Red de medida de calidad de las aguas en ríos de EUROWATERNET .....</b>	<b>269</b>
<b>Figura 112. Población (%) conectada a una red pública de saneamiento (alcantarillado+EDAR), a una red pública de alcantarillado o no conectada a ninguna red. Nota. EDAR: Estación de depuración de aguas residuales. Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998. ....</b>	<b>276</b>
<b>Figura 113. Evolución de la población (%) conectada a una red pública de alcantarillado + EDAR. (Fuente: OECD, 1999).....</b>	<b>277</b>
<b>Figura 114. Porcentaje de utilización de los distintos tipos de tratamiento de las aguas residuales en los países europeos entre los años 1980/85 y 1990/95 (Fuente: EEA, 1998) .....</b>	<b>278</b>

## TABLAS

<b>Tabla 1. Ríos más largos de los países mediterráneos. Fuente: Herschy y Fairbridge, 1998.....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 2. Los mayores lagos en los países mediterráneos. Fuente: Margat y Vallée, 1998.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 3. Riqueza de plantas vasculares en número de especies. Fuente: MOPTMA, 1995.....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 4. Riqueza de vertebrados en diferentes países europeos. Fuente: MOPTMA, 1995.....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 5. Diversidad de plantas vasculares y vertebrados en diferentes países europeos. Fuente: MIMAM, 1999 .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 6. Densidades de población de los países mediterráneos en el año 1995. Fuentes: Base de datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente y Barraqué, 2000.....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 7. Características de la población de los países mediterráneos (Fuente: Base de datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OECD).....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 8. Número de viajeros registrados en establecimientos hoteleros de las islas españolas y población permanente en 1998 (Fuente: INE, 1999).....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 9. Utilización de las tierras en agricultura (Fuente: EEA, 1999c) .....</b>	<b>60</b>
<b>Tabla 10. Responsabilidades en la gestión del agua en los países seleccionados. ....</b>	<b>106</b>
<b>Tabla 11. Precipitación, evapotranspiración potencial y evapotranspiración real en valores medios anuales. Fuentes : MIMAM, 1998, CEDEX, 1998a y WRI, 1997 .....</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 12. Recursos internos por cuencas (hm<sup>3</sup>/año). Fuentes: CEDEX, 1998 a y WRI, 1997 ...</b>	<b>114</b>
<b>Tabla 13. Precipitación, evapotranspiración real y recurso interno. Valores medios anuales en mm y km<sup>3</sup>. Fuentes: MIMAM, 1998, CEDEX, 1998 a y WRI, 1997.....</b>	<b>115</b>
<b>Tabla 14. Recursos internos, externos y totales en valores medios anuales. Fuentes: MIMAM, 1998, CEDEX, 1998 a y WRI, 1997 .....</b>	<b>115</b>
<b>Tabla 15. Recarga a los acuíferos y porcentaje respecto al recurso natural total. Fuentes: Margat, 2.000, CEDEX, 1998 a, WRI, 1997, Margat and Vallée, 1998 y Carmona, 1999 .....</b>	<b>119</b>
<b>Tabla 16. Separación de la recarga en su contribución a la red fluvial y en las salidas al mar. Fuente: Margat, 2.000.....</b>	<b>120</b>
<b>Tabla 17. Recursos disponibles por países. Fuentes: MIMAM, 1998, CEDEX, 1998 a, WRI, 1997, Carmona 1999 y Margat, 2000.....</b>	<b>122</b>
<b>Tabla 18. Recurso subterráneo explotable y explotado por países. Fuente: Margat, 2000 para el recurso explotable y EEA, 1999c para los bombeos .....</b>	<b>122</b>
<b>Tabla 19. Explotación de las aguas subterráneas por países. Fuentes: Margat, 2000, Margat and Vallée, 1998, Carmona, 1999 y EEA, 1999c .....</b>	<b>123</b>
<b>Tabla 20. Situación actual de la desalación (Fuente: elaborada a partir de IDA,1996).....</b>	<b>124</b>
<b>Tabla 21. Distribución geográfica en España de la producción de agua desalada para riego, partiendo de aguas salobres, Diciembre, 1996. (Fuente: Cánovas, 1998) NS = no significativo .....</b>	<b>125</b>
<b>Tabla 22. Demandas de agua para el uso urbano. Fuente: WRI (1997), Correia (1998 a) y CEDEX (1998 a).....</b>	<b>136</b>



<b>Tabla 23. Dotaciones netas (suministro a la red) en España en función del tamaño de población. Fuente: MIMAM 1998, tomada de la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS).....</b>	<b>137</b>
<b>Tabla 24. Evolución de la dotación neta de abastecimientos media en España para poblaciones de más de 20.000 habitantes. Fuente: MIMAM 1998, tomada de la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS) .....</b>	<b>137</b>
<b>Tabla 25. Dotaciones urbanas en Italia por sectores y en función del tamaño de la población, año 1987. Fuente: ISTAT, 1991 .....</b>	<b>137</b>
<b>Tabla 26. Demandas y dotaciones actuales de abastecimiento urbano por cuencas para los países mediterráneos. Fuentes: WRI (1997), Correia (1998a) y CEDEX (1998 a) .....</b>	<b>140</b>
<b>Tabla 27. Evolución de la demanda de agua en hm<sup>3</sup>/año en la isla de Tenerife. (Fuente: Fernández, J. <i>et al.</i>, 1998).....</b>	<b>141</b>
<b>Tabla 28. Evolución de la demanda de agua en hm<sup>3</sup>/año en las islas de Mallorca, Menorca, Ibiza y Formentera. (Fuente: Fayas, JA. <i>et al.</i>, 1998). .....</b>	<b>142</b>
<b>Tabla 29 . Demandas de agua para el uso agrícola. Fuente: MIMAM (1998), INAG (1999), Correia (1998 a), WRI (1997) y CEDEX (1998 a).....</b>	<b>143</b>
<b>Tabla 30. Demandas y dotaciones actuales de uso agrícola por cuencas para los países mediterráneos. Fuente: MIMAM (1998), INAG (1999), Correia (1998 a), WRI (1997) y CEDEX (1998 a).....</b>	<b>146</b>
<b>Tabla 31. Uso específico de agua (en litros) para la producción industrial. Fuente: EEA, 1999c .....</b>	<b>147</b>
<b>Tabla 32. Demandas de agua para el uso industrial. Fuente: CEDEX, 1998 a, CORINE LAND COVER y MIMAM (1998) .....</b>	<b>148</b>
<b>Tabla 33. Demandas industriales por cuencas en los países mediterráneos. Fuente: CEDEX (1998 a), CORINE LAND COVER y MIMAM (1998) .....</b>	<b>150</b>
<b>Tabla 34. Demanda de agua para el uso energético. Fuente: CEDEX (1998 a), WRI (1997) y CORINE LAND COVER .....</b>	<b>150</b>
<b>Tabla 35. Demandas energéticas por cuencas en los países mediterráneos. CEDEX (1998 a), WRI (1997) y CORINE LAND COVER .....</b>	<b>153</b>
<b>Tabla 36. Demandas sectoriales y totales en las distintas cuencas (en hm<sup>3</sup>/año). Fuente: CEDEX (1998 a), WRI (1997), Correia (1998 a), MIMAM (1998), INAG (1999) y Corine Land Cover .....</b>	<b>157</b>
<b>Tabla 37. Consumo de agua actual en hm<sup>3</sup>/año en los países mediterráneos .....</b>	<b>158</b>
<b>Tabla 38. Recursos, demandas e índices por cuencas en los países mediterráneos.....</b>	<b>162</b>
<b>Tabla 39. Coeficientes de correlación entre las precipitaciones anuales de algunos países europeos. Fuente: University of Freiburg, 1999.....</b>	<b>165</b>
<b>Tabla 40. Resumen de algunas sequías recientes que han afectado a países mediterráneos. Fuente: ETC-IW, 1999.....</b>	<b>165</b>

Tabla 41. Principales avenidas ocurridas en los países de la Europa mediterránea durante el periodo 1992-1998. Adaptada y completada de ETC-IW, 1999.....	172
Tabla 42. Extensión de tierras moderadamente desertificadas en la Europa Mediterránea. Fuente: traducida de Correia F.N., 1996 .....	175
Tabla 43. Unidades hidrogeológicas con declaración provisional o definitiva de sobreexplotación en España (MIMAM, 1998).....	180
Tabla 44. Definiciones del concepto de contaminación en la legislación europea.....	186
Tabla 45. Selección de ciertos tipos de instalaciones industriales e identificación de algunos contaminantes que pueden verter al medio acuático. ....	188
Tabla 46. Fuentes puntuales urbanas e industriales y contaminación esperada de las aguas subterráneas. Fuente: traducida de RIVM-RIZA, 1991 .....	189
Tabla 47. Uso de fertilizantes de nitratos en kg/ha en las áreas agrícolas de los países mediterráneos en el año 1994. Fuente: EEA, 1999.....	191
Tabla 48. Ventas totales de plaguicidas en 1996 (en kg de ingredientes activos por ha de área agrícola) en los distintos países. Fuente: EUROSTAT, 1999.....	192
Tabla 49. Valores límites para un sistema de clasificación trófica. Fuente: MIMAM, 1998...	205
Tabla 50. Características de calidad de las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable (Directiva 75/440). Fuente: MIMAM(1998) .....	220
Tabla 51. Características de calidad de las aguas superficiales destinadas al consumo humano (Directiva 98/83/CE) .....	223
Tabla 52. Valores Guía e Indicativos de la calidad de las aguas de baño según la Directiva 76/160.....	226
Tabla 53. Resumen de condiciones de la Directiva 78/659, de aptitud para la vida de los peces. Tomado de MIMAM(1998).....	229
Tabla 54. Políticas de precios del agua para la agricultura en algunos países mediterráneos (Fuentes: OECD,1999, Serra, 2000) .....	239
Tabla 55. Estructura de la factura del agua en Francia (FFr). (factura media para un consumo de 120 m <sup>3</sup> /(vivienda.año). Fuente: FT Newsletters, 1999.....	240
Tabla 56. Actividades y plazos reflejados en la Directiva Marco del Agua.....	243
Tabla 57. Subvenciones en proyectos de medio ambiente para el año 1997 (en millones de Euros). Fuente: CE, 1997 a.....	248
Tabla 58. Areas y prioridades de la acción clave <i>Gestión Sostenible y Calidad del Agua</i> del V Programa Marco .....	251
Tabla 59. Eficiencias medias en distintos sistemas de regadío en España. Fuente: Lujan, 1991 .....	262
Tabla 60. Directivas de la Unión Europea relacionadas con la calidad de las aguas.....	271
Tabla 61. Tipos de tratamiento de aguas residuales y eficiencia en la reducción de contaminantes.....	277

<b>Tabla 62. Vertido de aguas residuales municipales al mar Mediterráneo. Fuente:WHO/UNEP, 1997 (ETC-MCE, 1998) .....</b>	<b>280</b>
<b>Tabla 63. Características de la planificación hidrológica en los distintos países seleccionados y en la UE.....</b>	<b>283</b>

## **1 INTRODUCCIÓN**

El agua es un bien preciado y escaso y como tal aparece en la naturaleza de una forma irregular en el tiempo y en el espacio. Los países del sur de Europa han manifestado en muchas ocasiones la importancia del agua como un factor limitativo para su desarrollo económico y social.

El carácter transnacional del problema, la posibilidad de realizar una reflexión conjunta y la esperanza de obtener nuevos conceptos generales que permitan mejorar el uso y la gestión de los recursos hídricos son las razones que mueven a la Administración española, a través de la Secretaría de Estado de Aguas y Costas del Ministerio de Medio Ambiente, a proponer un proyecto de estudio sobre las aguas continentales en los países mediterráneos de la Unión Europea. Para la realización de este proyecto se ha establecido un convenio de colaboración entre dicho organismo y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), titulado *Estudio de Aguas Continentales en la Europa Mediterránea*.

El presente documento es el resultado de los trabajos realizados dentro del marco del citado convenio y tiene por objeto realizar un diagnóstico del estado de los recursos hídricos y de los usos del agua en los países mediterráneos de la UE (España, Francia, Italia y Grecia) más Portugal<sup>1</sup> y establecer análisis comparativos sobre las políticas del agua y las estrategias de respuesta que en ellos se están llevando a cabo.

## **2 MARCO FÍSICO Y BIÓTICO**

### **2.1 Introducción**

El agua ha sido históricamente un elemento esencial para el desarrollo económico y social y para la estabilidad de las culturas y civilizaciones de los países mediterráneos.

La disponibilidad del agua depende fundamentalmente de las características climatológicas (precipitación, evapotranspiración, etc) y físicas (orografía, suelos, hidrografía, acuíferos subterráneos, etc) del territorio, así como de la acción del hombre para regular el recurso y adaptarlo a las necesidades humanas.

---

<sup>1</sup> En los mapas que forman parte de este documento, además de los territorios continentales y los insulares del mar Mediterráneo de los países objeto del estudio, se han incluido los archipiélagos de las islas de Azores, Madeira y Canarias, aunque no en su posición geográfica real. No se han representado, sin embargo, los territorios franceses de ultramar.

Las regiones mediterráneas con clima más árido tienen en común unas precipitaciones bajas que se combinan con unas altas evapotranspiraciones potenciales, derivadas éstas últimas de unas temperaturas también elevadas. Como consecuencia de ello puede afirmarse que, con carácter general, en la región mediterránea se presentan las escorrentías más bajas de toda la Unión Europea.

La alta variabilidad del régimen hidrológico de los ríos mediterráneos hace que se produzcan largos periodos secos que dan lugar a importantes sequías, por lo cual ha sido necesario construir un gran número de presas de regulación hiperanual. Por otra parte, el elevado grado de concentración temporal de las precipitaciones y la existencia de cuencas con tiempos de respuesta muy rápidos da lugar a que se produzcan importantes inundaciones que afectan a las áreas pobladas en los valles de los ríos.

También es característica de los países mediterráneos la elevada diversidad biológica existente. Muchas de las especies existentes en estos países utilizan sus ríos, lagos, embalses y zonas húmedas como soporte de vida.

Los párrafos anteriores ponen de relieve que los países mediterráneos reúnen características comunes en cuanto a sus medios físico y biótico, los cuales se describen a continuación.

## **2.2 Orografía y suelos**

### *2.2.1 Orografía*

El elevado grado de actividad tectónica orogénica que ha tenido lugar en el área comprendida entre Europa, Asia y Africa durante los últimos diez millones de años ha sido la causa de las importantes cadenas montañosas existentes alrededor del Mediterráneo y de la accidentada orografía de los países ribereños (Figura 1).

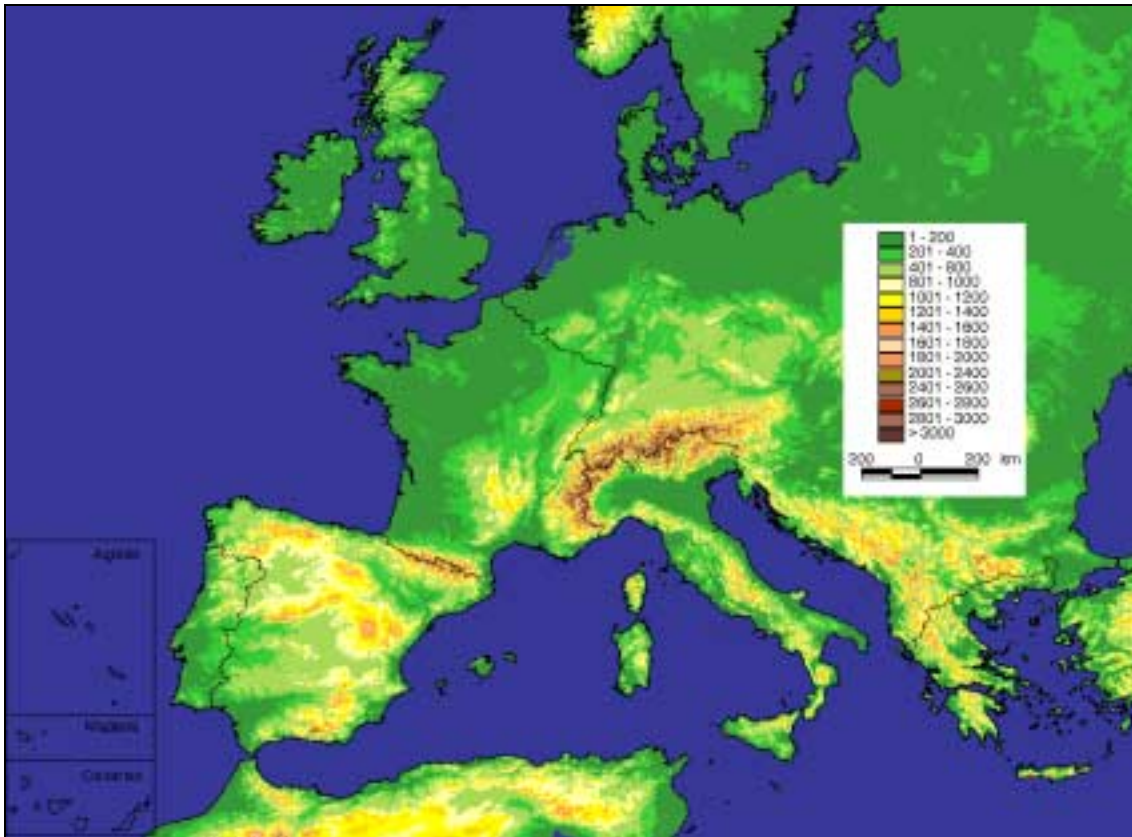


Figura 1. Modelo digital del terreno de Europa. Fuente: U.S. Geological Survey's EROS Data Center.

Portugal, que ocupa la parte más occidental de la península ibérica con un 15% de su superficie, presenta dos regiones claramente delimitadas y separadas por el río Tajo (Tejo). La zona septentrional se encuentra por encima de los 400 m de altitud y, como continuación del macizo Galaico-Duriense, presenta varias sierras en dirección norte-sur. Más al sur, se encuentra su cordillera más elevada, la Sierra de la Estrella (Serra da Estrela) en el centro de Portugal, que alcanza casi los 2.000 m de altitud. La zona meridional es una acumulación de sedimentos procedentes del Sistema Central. Sólo al Sur, en el Algarve, hay alguna sierra de consideración (Monchique).

En España la cadena montañosa de los Pirineos, que se extiende desde el golfo de Vizcaya hasta el mar Mediterráneo, constituye una frontera natural con Francia, al norte. En el extremo sur, el estrecho de Gibraltar dista menos de 13 km entre la península y el norte de África. La característica topográfica más importante de España es la gran planicie central, la llamada Meseta Central, que se encuentra dividida en una sección norte (submeseta norte) y otra sección sur (submeseta sur) por cadenas montañosas irregulares, siendo las más importantes la Sierra de Guadarrama, la Sierra de Gredos y los Montes de Toledo. Los picos más altos de la península son el Mulhacén en Sierra Nevada (3.478 m) y el Aneto en los Pirineos (3.404 m). El punto más alto de todo el territorio español es el pico del Teide (3.718 m), situado en la isla canaria de Tenerife.

Haciendo frontera con la península ibérica, se encuentra Francia, cuyos principales rasgos fisiográficos son sus fronteras naturales orientales y meridionales, una meseta central meridional, y, contigua a ésta, una vasta región de llanuras onduladas. Una serie de cadenas montañosas, que engloban parte de las cordilleras de los Alpes y del Jura, forman los límites naturales con Italia y Suiza. La mayoría de las montañas alpinas que se extienden a lo largo de la frontera francesa superan los 3.900 m de altitud, siendo el Mont Blanc (4.807 m) el pico más alto de la Unión Europea. En la esquina nordeste de Francia, el Rin define la frontera con Alemania. Los Pirineos, que se sitúan a lo largo de la frontera franco-española, forman el otro límite natural de Francia. El Vignemale (3.303 m) constituye la mayor elevación de los Pirineos franceses. La meseta central meridional, denominada Macizo Central, está separada de la región oriental de tierras altas por el valle del río Ródano y muestra un relieve y una estructura irregulares. La región de las llanuras, el sector más extenso del territorio francés, es una proyección de la gran llanura europea. Las llanuras francesas consisten en tierras bajas muy poco onduladas, situadas a unos 200 m de altitud, compuestas por los valles de ríos como el Sena, Loira y Garona.

En Italia, más de la mitad del territorio corresponde a territorio peninsular italiana, un largo brazo del continente europeo, que se extiende siguiendo la dirección sudeste hacia el mar Mediterráneo. En la frontera septentrional del país se encuentran los Alpes, donde entre sus cumbres de mayor altitud están el monte Rosa (4.634 m) y el monte Cervino (4.478 m). Entre los Alpes y los montes Apeninos (columna vertebral de la península), se extiende la llanura de Lombardía, donde se encuentra el valle del río Po. Los Apeninos forman la línea divisoria de aguas de la península italiana. El sistema montañoso de los Apeninos se alarga hasta atravesar el estrecho de Messina para acabar en la isla de Sicilia, donde se encuentra el volcán Etna, que alcanza los 3.323 m de altura.

En Grecia el terreno es montañoso y escarpado, como escribía el geógrafo griego Estrabón *miles de brazos de mar presionan hacia el interior del país*. Aunque no cuenta con una gran superficie, Grecia tiene un relieve muy variado. Sus principales regiones geográficas son los montes centrales, la región húmeda, que es una región montañosa al oeste, las llanuras secas y soleadas junto con los sistemas montañosos, más bajos, al este de Tesalia, Macedonia y Tracia, la Grecia Central, la región montañosa del Peloponeso, y las islas, que se encuentran en su mayoría en el Egeo.

Una consecuencia de la orografía de estos países son las cuencas de sus ríos (Figura 2). Mientras que en Italia y Grecia, todas sus cuencas vierten al Mediterráneo, en Portugal todas lo hacen al Atlántico. En Francia y España, parte de las cuencas vierten al Atlántico y parte al Mediterráneo.

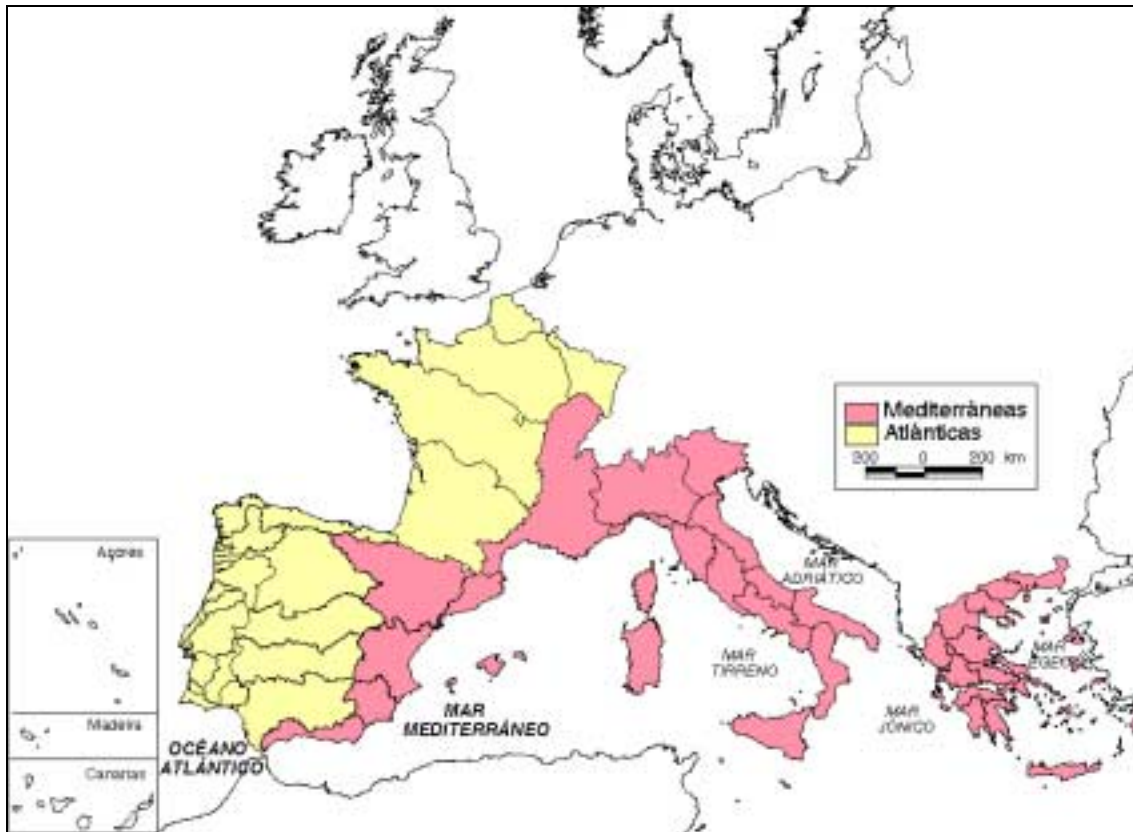


Figura 2. Mapa de cuencas vertientes al mar Mediterráneo y al océano Atlántico

Una característica común a todos estos países es su territorio insular, que representa una superficie del orden del 6% del total y alcanza en el caso de Grecia aproximadamente un tercio de la superficie total del país. Las islas mayores son Sicilia y Cerdeña en Italia, Córcega en Francia, Creta en Grecia, y los archipiélagos de Baleares y Canarias en España, éste último en el océano Atlántico.

Otra característica de los países mediterráneos es la gran longitud de su línea de costa. Grecia, con 15.000 km, tiene el mayor cociente *línea de costa/superficie* de Europa, con un valor de 0,11 km/km<sup>2</sup>.

### 2.2.2 Litología y edafología

El papel del suelo en el ciclo hidrológico es básico al actuar como distribuidor de las precipitaciones entre la evapotranspiración, la escorrentía superficial y la infiltración en los acuíferos.

En la Figura 3 se muestran las principales clases litológicas en los países considerados. En la península ibérica se distinguen dos grupos litológicos distintos, en la parte oriental predominan las margas, calizas y calcarenitas, mientras que en la parte occidental las pizarras y granitos. En Portugal, en la parte más occidental, aparecen extensiones de areniscas. La litología en Francia



es mucho más diversa, se distinguen rocas cristalinas, loess, materiales limosos, granito, arenas terciarias y calizas localizadas en la parte más oriental del país. Francia cuenta con grandes extensiones de suelos fértiles. Entre ellos, los más ricos son los formados por los sedimentos marinos en la cuenca de París y los suelos aluviales bien drenados de los valles más bajos de los ríos Sena y Somme. En Italia se aprecia un predominio de rocas calcáreas, también se distinguen materiales aluviales de origen fluvial y depósitos glaciofluviales en el valle del Po, arcillas terciarias en el litoral de la península itálica y en la isla de Sicilia y rocas metamórficas cristalinas en los Alpes, en el extremo más meridional de la península itálica y en la isla de Cerdeña. En Grecia la litología es muy homogénea predominando las calizas con algo de material aluvial de origen fluvial. Los suelos son por lo general de un alto contenido rocoso y secos, pero intercalados con pequeños valles de ricos suelos de la variedad mediterránea denominada *terra rosa*.

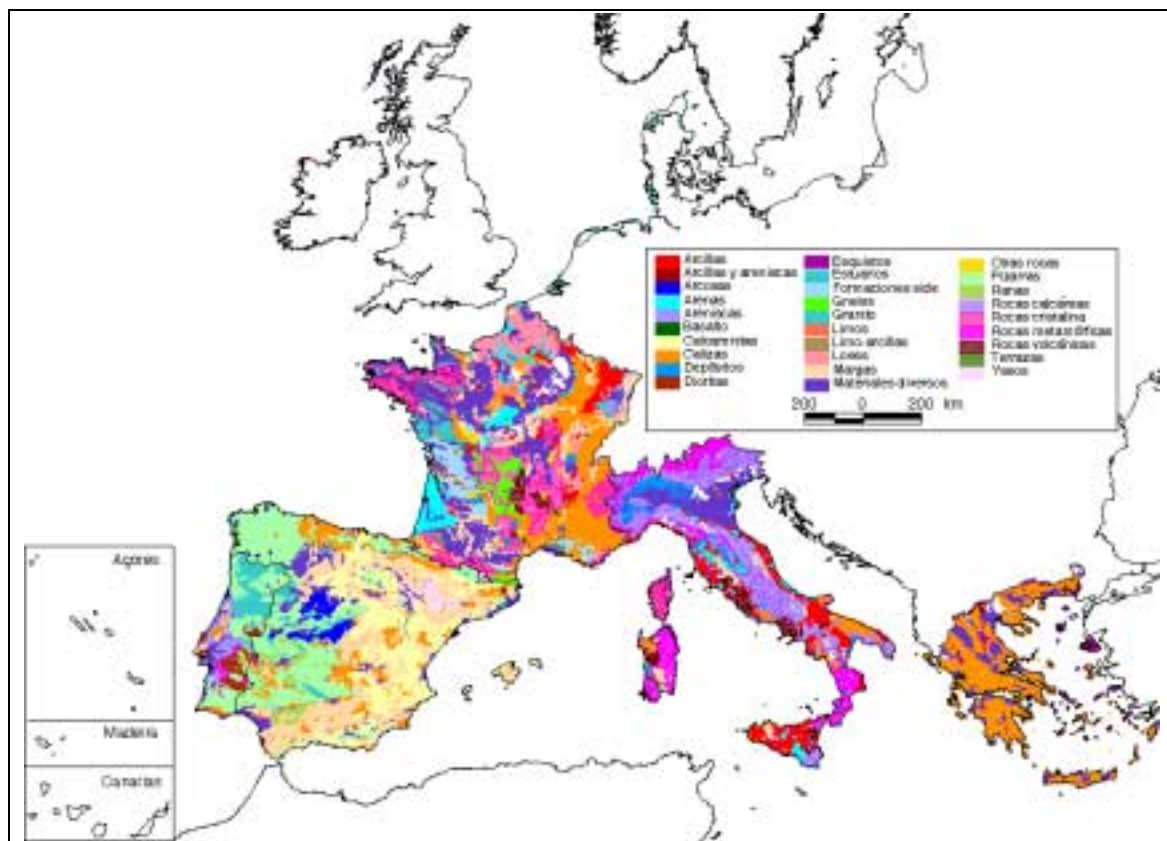


Figura 3. Mapa de litología. Fuente: Base de datos GISCO de EUROSTAT

En cuanto a los suelos, la descripción edafológica de la Figura 4 corresponde a la clasificación en unidades de suelo realizada por la FAO. La unidad de suelo predominante en los países mediterráneos, exceptuando Grecia, es el cambisol. En la península ibérica, además del cambisol, se distinguen las unidades de suelo ranker en Galicia, podzol en la parte más occidental de Portugal, litosol en el sur de Portugal y vertisol en la cuenca del Guadalquivir, en su desembocadura. En Francia, además del cambisol también se encuentran las

unidades rendzina, luvisol y podzoluvisol, en las cuencas del norte y sudeste. En Italia, se distingue básicamente el cambisol con unidades de tipo luvisol en el valle del Po y regosol en el litoral y la isla de Sicilia. En Grecia a diferencia del resto de países mediterráneos, no existe un tipo de suelo predominante sino una mayor variedad distinguiéndose el litosol, regosol, fluvisol y luvisol.

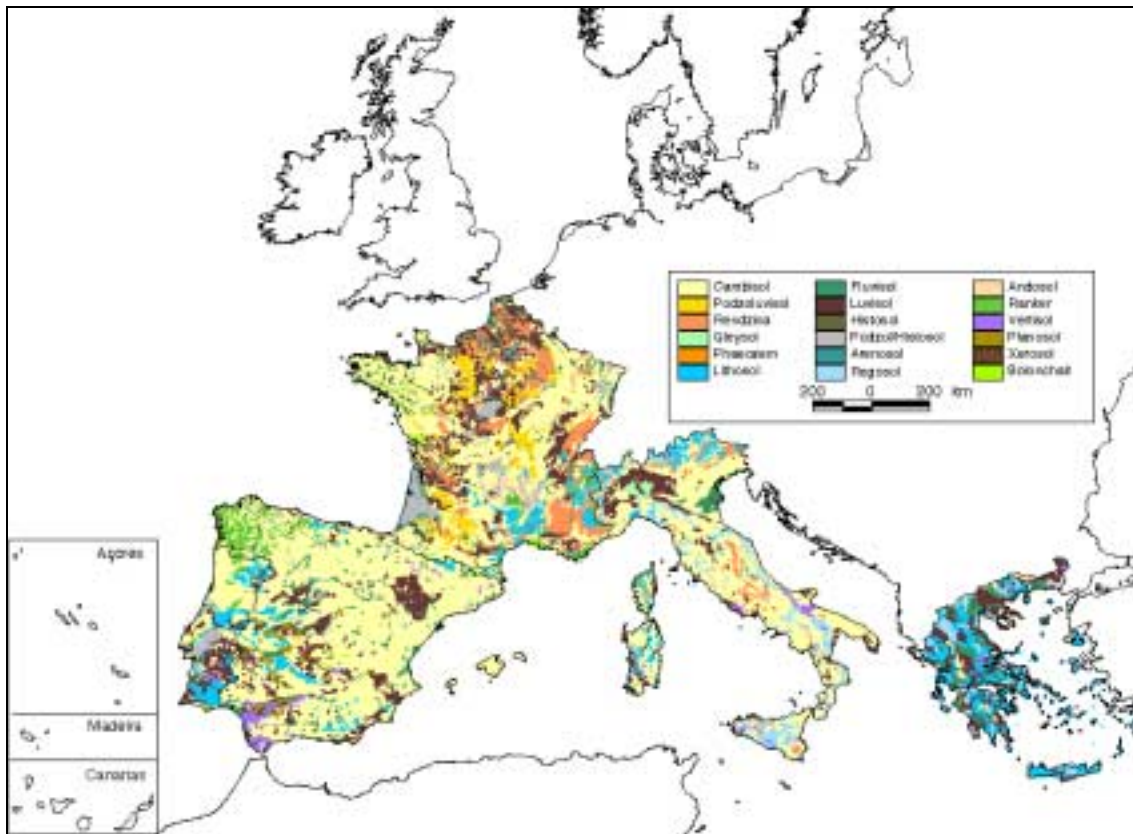


Figura 4. Mapa de edafología. Fuente: Base de datos GISCO de EUROSTAT

### 2.2.3 Usos de suelo

Los usos del suelo de la Europa mediterránea (Figura 5), dependen en gran medida del tipo de actividades humanas que se desarrollan en cada zona y del grado de explotación de la tierra. Ambos factores han dado lugar a la aparición de paisajes artificiales que se alejan en mayor o menor medida de aquellos que vienen determinados naturalmente por las características climáticas, geológicas y morfológicas de cada zona.

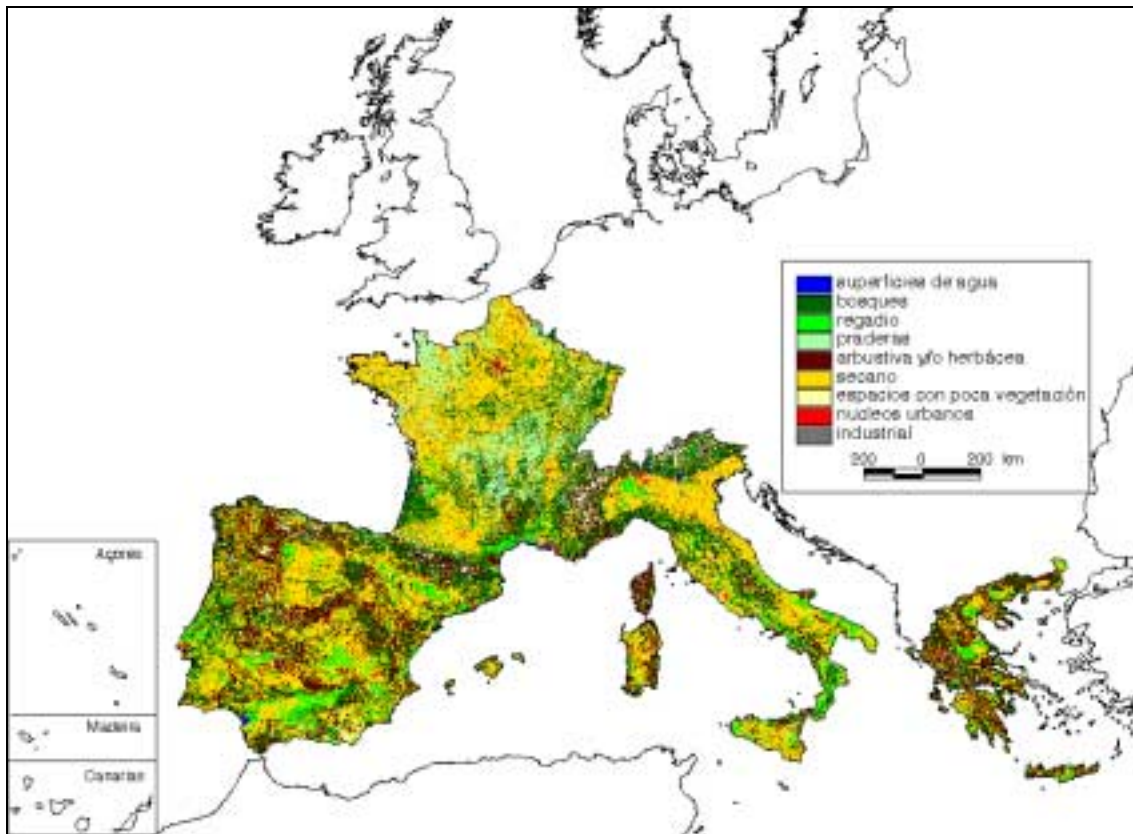


Figura 5. Mapa de usos de suelo de Europa. Fuente: EEA, CORINE LAND COVER. Resolución 250 m X 250 m

Los usos dominantes corresponden a la agricultura de secano (41% del territorio). Le siguen los bosques, que aunque muchos de ellos transformados a lo largo de los tiempos en terrenos agrícolas, cubren en la actualidad todavía un 22% del territorio. Esta cuantía es desde luego muy significativa y muestra la existencia de un importante patrimonio natural que continúa siendo de gran extensión e importancia. La vegetación arbustiva y herbácea ocupa un 17 % del territorio, mientras que los espacios con poca vegetación están próximos al 3%. La agricultura de regadíos ocupa un 8%, e incluye tierras regadas permanentemente, arrozales, viñedos, frutales en regadío y olivares. Las áreas de praderas ocupan un 6 % y se localizan, fundamentalmente, en las zonas norte y central de Francia. Los núcleos urbanos se extienden sobre un 2% del territorio, mientras que el uso industrial apenas alcanza el 1%. Finalmente, un área muy pequeña, que no llega a representar tampoco el 1% del territorio, está cubierta por superficies de agua.

### 2.3 Climatología

Los países de la Europa mediterránea tienen la totalidad o parte de su línea de costa bañada por el mar Mediterráneo. Se encuentran en torno a la latitud de 40°N, exceptuando el norte de Francia, que llega a tener latitudes de 50°N, y el norte de Italia, que tiene una latitud media comprendida entre ambas.

La nota definitoria del clima de estos países es la diversidad, con oscilaciones que van del frío glacial en las cumbres más altas de los Alpes y los Apeninos hasta el clima mediterráneo de las zonas costeras, con veranos secos y cálidos e inviernos suaves.

Las características estacionales del clima en el Mediterráneo están asociadas directamente con el movimiento y desarrollo de los grandes sistemas de presión: el anticiclón permanente de las Azores, el gran anticiclón continental de Eurasia, las bajas presiones sobre el desierto norteafricano y los centros atlánticos tropicales sobre el mar Tirreno y los mares Jónico y Egeo (ETC-MCE, 1998).

### *2.3.1 Insolación y temperatura*

Las horas de insolación anuales (entre 2.800 y 3.400) en los países de la Europa mediterránea son mayores que en la Europa central (entre 1.400 y 1.600). Ese alto número de horas de sol junto a la circulación de las masas de aire da lugar a unas temperaturas más altas que en los países del centro y norte de Europa.

La temperatura media anual (Figura 6) oscila entre 10 y 17 ° C y es superior a la de los países centroeuropeos, donde la media se encuentra entre 5 y 10 ° C.

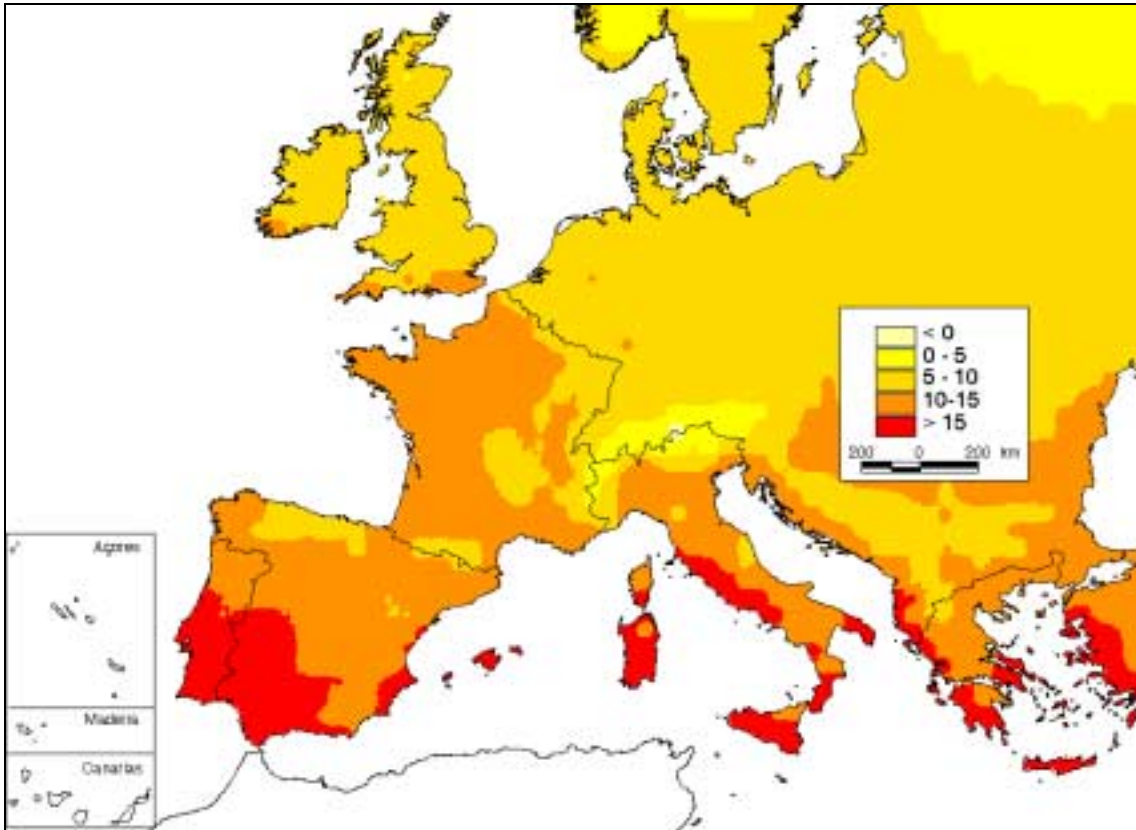


Figura 6. Mapa de temperaturas medias anuales en °C en Europa para el periodo 1940/41-1995/96. Fuente de los datos: CRU, 1998

### 2.3.2 Precipitación

Europa presenta una gran variedad de patrones de lluvia y de épocas de máximas precipitaciones, debido a sus características orográficas y a las masas de aire húmedo que la recorren.

En contraste con el resto de Europa que registra precipitaciones a lo largo de todo el año, en los países mediterráneos puede diferenciarse una estación seca (en primavera y verano) que es más larga cuanto más oriental y meridional es la zona.

En el Mediterráneo occidental (desde España a Italia) los máximos pluviométricos de otoño se producen esencialmente por lluvias de origen convectivo, con intensidades moderadas y altas presiones relacionadas con la advección de aire procedente del mar Mediterráneo en los bajos niveles y en algunas ocasiones, aire atlántico en los niveles altos, lo que permite una retroalimentación húmeda a todos los niveles. No es extraño superar los 200 mm en 24 horas.

En la parte norte del Mediterráneo central-oriental, los máximos pluviométricos se producen hacia finales de la primavera, con convección en las zonas montañosas, donde es posible superar los 200 mm en 24 horas.

En el Mediterráneo oriental, fundamentalmente en Grecia, los mínimos pluviométricos se producen en primavera y en verano y los máximos en invierno. La convección es poco importante y difícilmente se superan los 100 mm en 24 horas.

En cuanto a la pluviometría media anual, en las costas más occidentales y en las cadenas montañosas de Europa las masas de aire extremadamente húmedas dan lugar a fuertes lluvias, que resultan en precipitaciones entre los 1.000 y 2.000 mm, con áreas localizadas donde se pueden alcanzar mayores valores. Por otra parte, aunque valores de la precipitación anual entre 300 y 800 mm son comunes en los países del Sur de Europa (ver Figura 7), en realidad no son exclusivos de estas zonas y pueden encontrarse valores por debajo de 500 mm en Suecia, Finlandia, Países Bálticos, Polonia y llanura central del Danubio.

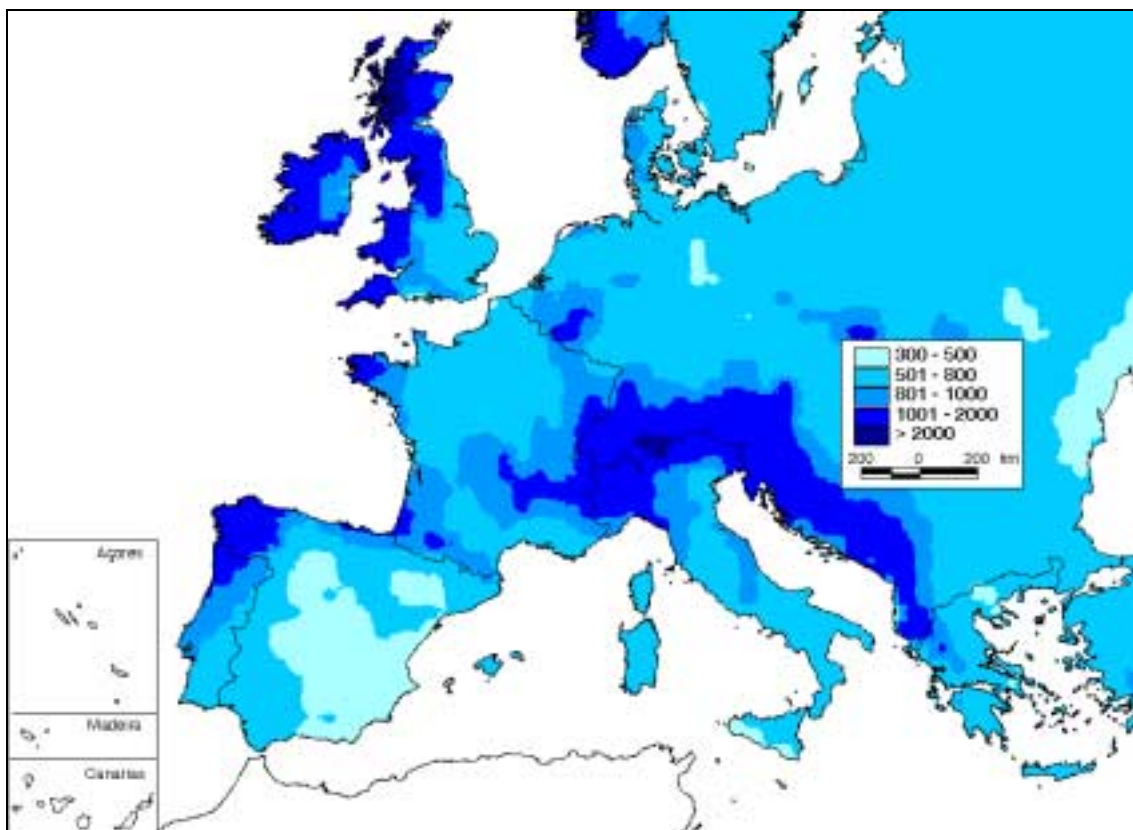


Figura 7. Precipitación media anual en mm en Europa, periodo 1940/41-1995/96. Fuente de los datos: CRU, 1998

La precipitación media en los países mediterráneos es de 840 mm/año, algo superior a la media de la Unión Europea (UE), que es de 800 mm/año.

En Portugal la precipitación media anual está próxima a los 900 mm/año, aunque en las cuencas del norte pueden llegar a registrarse valores del orden de 2.000 mm/año.

En Italia las precipitaciones se concentran en los meses de otoño e invierno. La zona que registra una media anual más baja, alrededor de 500 mm, es la provincia de Foggia, en el sur, y la Sicilia meridional, mientras que las más elevadas, del orden de 2.000 mm, corresponden a las regiones alpinas. La precipitación media del país está próxima a 1.000 mm/año.

En Grecia la precipitación media es de unos 850 mm/año, aunque se registran valores menores en algunas zonas, por ejemplo los 500 mm/año de las islas del mar Egeo.

En Francia las precipitaciones son abundantes durante todo el año en el oeste mientras que en el este aumentan con la altitud y durante los meses de primavera y otoño. La precipitación media anual del país es de unos 800 mm, oscilando entre los 500 mm en ciertas áreas de las tierras bajas septentrionales y los 1.400 mm en las áreas montañosas.

La precipitación más baja de todos los países considerados se produce en España, donde el valor medio anual es del orden de 690 mm, muy inferior a la media del conjunto de los países (840 mm/año). Además, la precipitación en España muestra una gran variabilidad espacial, con valores que oscilan entre los apenas 200 mm de algunas zonas del Sudeste y los más de 2.000 mm en algunas áreas montañosas del Norte. Conviene destacar que más de la tercera parte del territorio español tiene una precipitación media anual comprendida entre 300 mm y 500 mm.

Otro aspecto importante de las lluvias en estos países es su desigual distribución en el tiempo, existiendo áreas en la costa mediterránea española donde las lluvias máximas registradas en un día están próximas a la precipitación media anual (Figura 8). Además, las tormentas ocurren con frecuencia en un corto período de tiempo sobre un área muy reducida, dando lugar a fuertes intensidades que inciden directamente no sólo en la generación de avenidas, sino también en una mayor degradación del suelo.

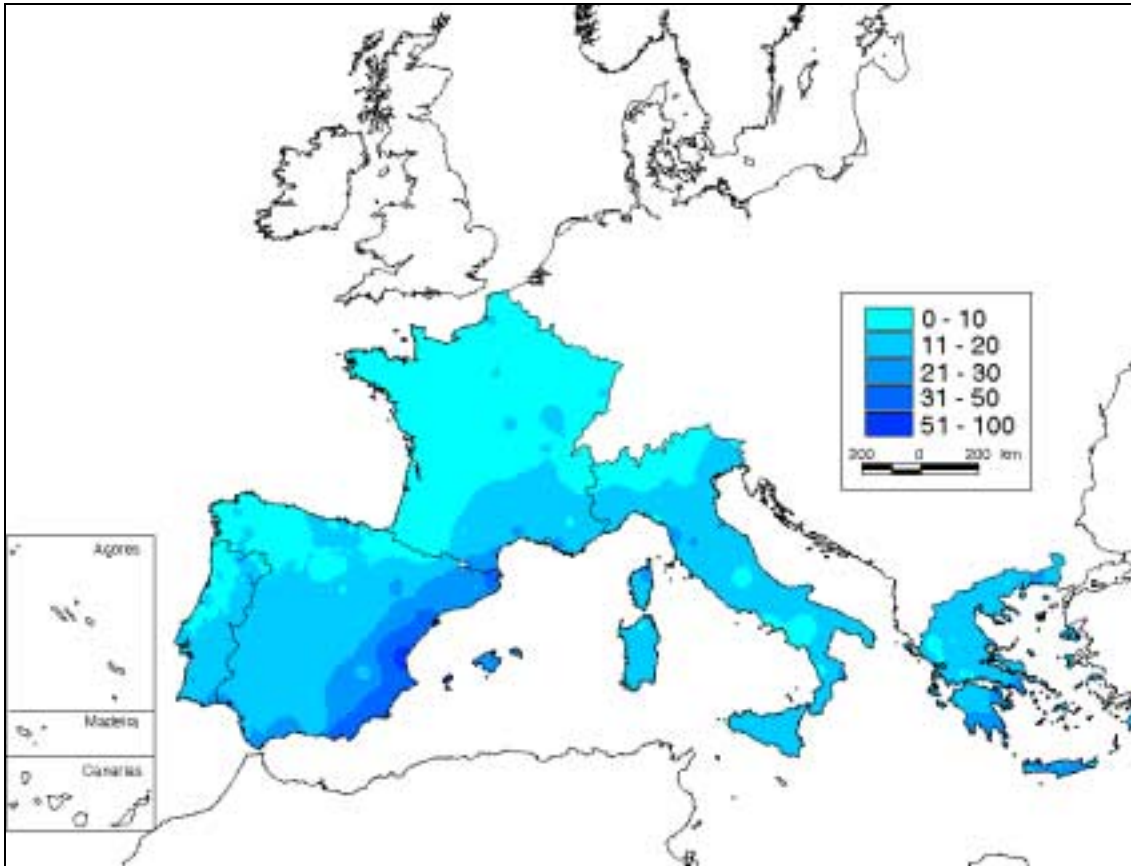


Figura 8. Relación porcentual entre la precipitación máxima diaria y la media anual en los países mediterráneos. Elaboración propia a partir de datos de EUROSTAT

### 2.3.3 Evapotranspiración

En cuanto a la evapotranspiración, su valor máximo teórico viene determinado por la evapotranspiración potencial (ETP), que depende de diversos factores físico-climáticos, entre ellos la temperatura, las horas de insolación, la velocidad del viento, la humedad atmosférica o la cobertura vegetal del suelo. Este valor es muy superior al valor real de la evapotranspiración, particularmente en áreas donde el clima es del tipo semi-árido, como sucede en diversas zonas de la Europa mediterránea.

La evapotranspiración potencial media anual varía entre los más de 1.200 mm en las zonas más meridionales de los países mediterráneos y los menos de 800 mm en las zonas más septentrionales (Figura 9). En la Europa central la evapotranspiración potencial es menor que en los países mediterráneos, con valores que varían en un rango comprendido entre 600 y 800 mm.



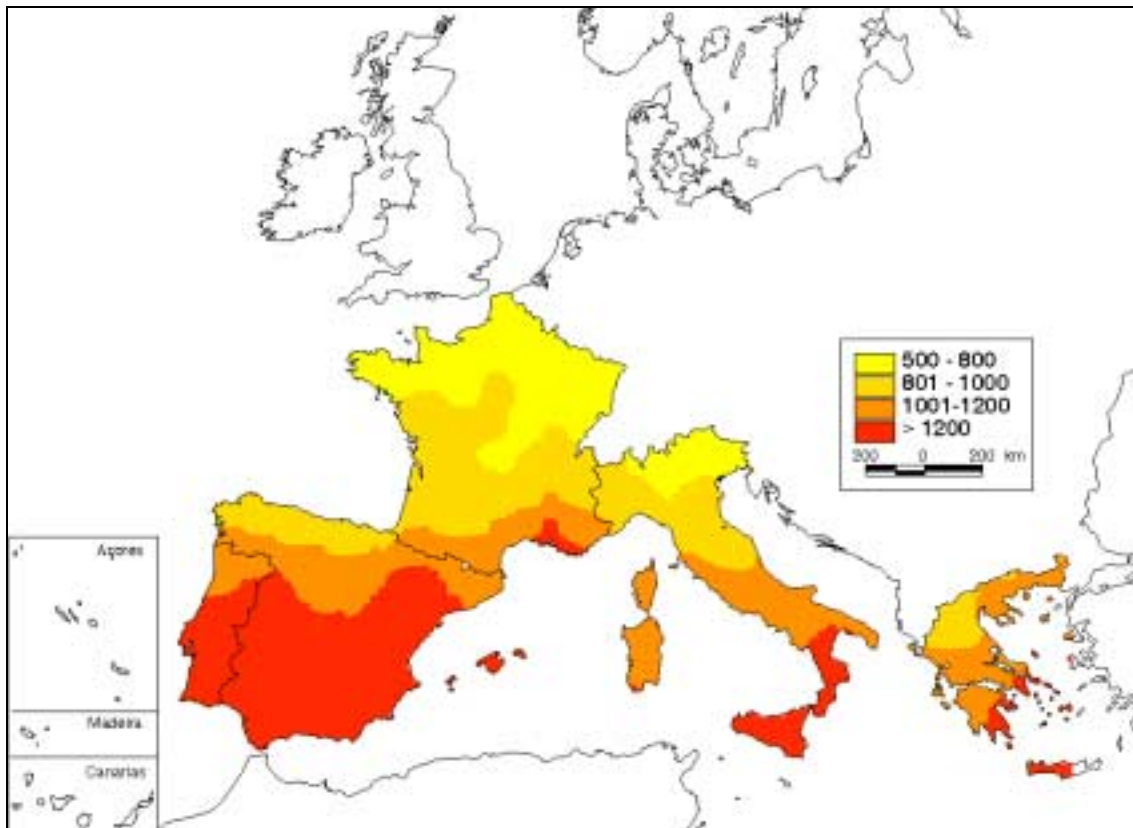


Figura 9. Evapotranspiración potencial media anual en mm en los países mediterráneos.  
Elaboración propia a partir de datos de EUROSAT

#### 2.3.4 Aridez

Un indicador muy extendido para caracterizar climáticamente una región es el denominado índice de aridez<sup>2</sup> de la UNESCO, que representa la relación entre la precipitación media anual (P) de una zona y su correspondiente evapotranspiración potencial (ETP). Las zonas en las que su índice de aridez es inferior a 0,20 se consideran áridas, entre 0,20 y 0,49 semiáridas, entre 0,50 y 0,74 se dice que son subhúmedas, y las áreas con valores superiores a 0,75 se les denominan húmedas. En la Figura 10 se observa como en los países mediterráneos existen regiones semiáridas, principalmente en el sur de Portugal, sudeste y zona centro de España, Sicilia y sudeste de Grecia, y regiones subhúmedas y húmedas en las áreas septentrionales de estos países.

<sup>2</sup> En algunas publicaciones también se denomina índice de humedad

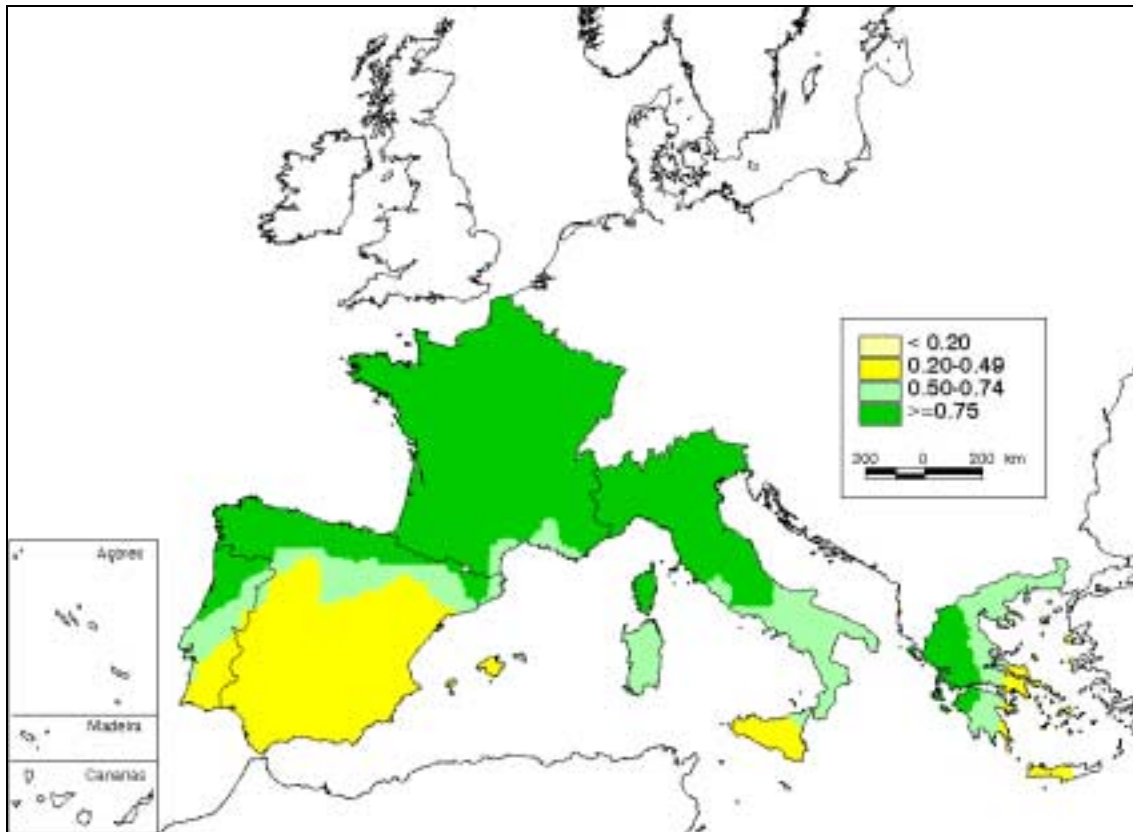


Figura 10. Índice de aridez de la UNESCO en los países mediterráneos. Elaboración propia a partir de datos de EUROSTAT.

## 2.4 Hidrografía

El clima, la geología, los suelos, etc de un territorio determinan las características del régimen de sus ríos, lagos y zonas húmedas.

### 2.4.1 Ríos

Los ríos son masas de agua que se mueven a través de un sistema formado por un curso principal y los afluentes que lo alimentan. El área que drena a ese sistema se conoce como cuenca. Europa, y en concreto los países mediterráneos, conforman un territorio relativamente joven y estructurado desde el punto geológico, cuyos ríos son relativamente cortos y numerosos, y sus cuencas pequeñas (ETC-MCE, 1998).

Desde el punto de vista biológico, un río es también un *continuo de hábitats que varía de acuerdo a las condiciones químicas y físicas locales y que es capaz de mantener un número muy elevado de comunidades biológicas a lo largo de su curso* (EEA, 1994). Los ríos mediterráneos, con una gran diversidad biológica, son ecosistemas acuáticos que han sufrido una gran degradación de su estado ecológico, debido

fundamentalmente a las alteraciones físicas y a la contaminación (Prat y otros, 2000).

En la Figura 11 se muestran los principales ríos que discurren a través de Portugal, España, Francia, Italia y Grecia y en la Tabla 1 se indica la longitud de sus cursos principales, la superficie de sus cuencas drenantes y el caudal medio.



Figura 11. Ríos más largos de los países mediterráneos. Fuente: Elaborada a partir de información de EUROSTAT

Países mediterráneos	Río	Localización de la desembocadura	Longitud (km)	Area de la cuenca (1000 km <sup>2</sup> )	Caudal medio <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> /s)	Vertiente al Mediterráneo
Portugal- <sup>4</sup> España	Tajo/Tejo	océano Atlántico (Portugal)	1.010	81	600	NO
	Duero/Douro	océano Atlántico (Portugal)	890	98	770	NO
<sup>5</sup> España	Guadiana	golfo de Cádiz, océano Atlántico (Portugal-España)	780	68	210	NO
	Miño/Minho	océano Atlántico (Portugal-España)	310	18	400	NO
	Ebro	mar Mediterráneo, Cataluña (España)	910	85	570	SI
	Guadalquivir	golfo de Cádiz, océano Atlántico, Andalucía (España)	660	57	250	NO
	Júcar	mar Mediterráneo, Comunidad de Valencia (España)	500	21	60	SI
	Segura	mar Mediterráneo, Comunidad de Valencia (España)	320	16	20	SI
Francia	Rin/Rhin	mar del Norte (Países Bajos)	1.320	252	2490	NO
	Loira/Loire	bahía de Biscay, Pays de la Loire (Francia)	1.020	120	871	NO
	Mosa/Meuse	mar del Norte (Países Bajos)	950	49	269	NO
	Ródano/Rhône	mar Mediterráneo, Languedoc-Provence-Cote d'Azur (France)	810	99	1500	SI
	Sena/Seine	canal de la Mancha, Haute-Normandie (Francia)	780	79	272	NO
	Garona/Garonne	golfo de Vizcaya, Aquitaine-Poitou-Charente (Francia)	650	85	590	NO
	Mosela/Moselle	río Rhin, Rheinland-Pfalz (Alemania)	550	28	292	NO
	Marne	río Sens, Region Parisina (Francia)	520	14	98	NO
	Lot	río Garonne, Aquitaine (Francia)	480	10	128	NO
Saona/Saône	río Rhône, Rhône-Alpes (Francia)	480	30	424	SI	

<sup>3</sup> Estas cifras no siempre reflejan la aportación media anual del río en un periodo hidrológico representativo y en unos casos corresponden a régimen natural y en otros a régimen alterado.

<sup>4</sup> Los datos de caudal medio de los ríos del grupo Portugal-España provienen de Serra (2000)

<sup>5</sup> Los datos de caudal medio de los ríos de España provienen de MIMAM (1998)

Países mediterráneos	Río	Localización de la desembocadura	Longitud (km)	Area de la cuenca (1000 km <sup>2</sup> )	Caudal medio <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> /s)	Vertiente al Mediterráneo
	Dordogne	río Garona, Aquitaine (Francia)	470	23	286	NO
Italia	Po	mar Adriático, Veneto (Italia)	620	75	1540	SI
	Adigio/Adige	mar Adriático, Veneto (Italia)	410	15	262	SI
	Tiber/Tevere	mar Tirreno, Lazio (Italia)	410	17	239	SI
	Arno	mar de Liguria, Toscana (Italia)	240	8	140	SI
Grecia	Axios	golfo de Salónica, Mar Egeo (Grecia)	420	28	135	SI

Tabla 1. Ríos más largos de los países mediterráneos. Fuente: Herschy y Fairbridge, 1998

Los principales ríos de la península Ibérica fluyen hacia el oeste y sudoeste para desembocar en el océano Atlántico. Por lo general, discurren por cursos profundos y rocosos a través de los valles de las montañas. Estos ríos son el Duero, el Miño, el Tago y el Guadiana que nacen en territorio español y fluyen a través de Portugal hasta el Atlántico (Figura 12). El Guadalquivir es el único río navegable en España, aunque sólo hasta Sevilla. El Ebro, en el noreste de España, fluye hacia el mar Mediterráneo y es navegable por pequeñas embarcaciones en una pequeña parte de su curso. La mayoría de los ríos españoles no son aptos para la navegación interior, aunque sus aguas se utilizan ampliamente para el regadío y en ciertos tramos constituyen una fuente de energía hidroeléctrica importante (Arenillas y Sáenz, 1987).

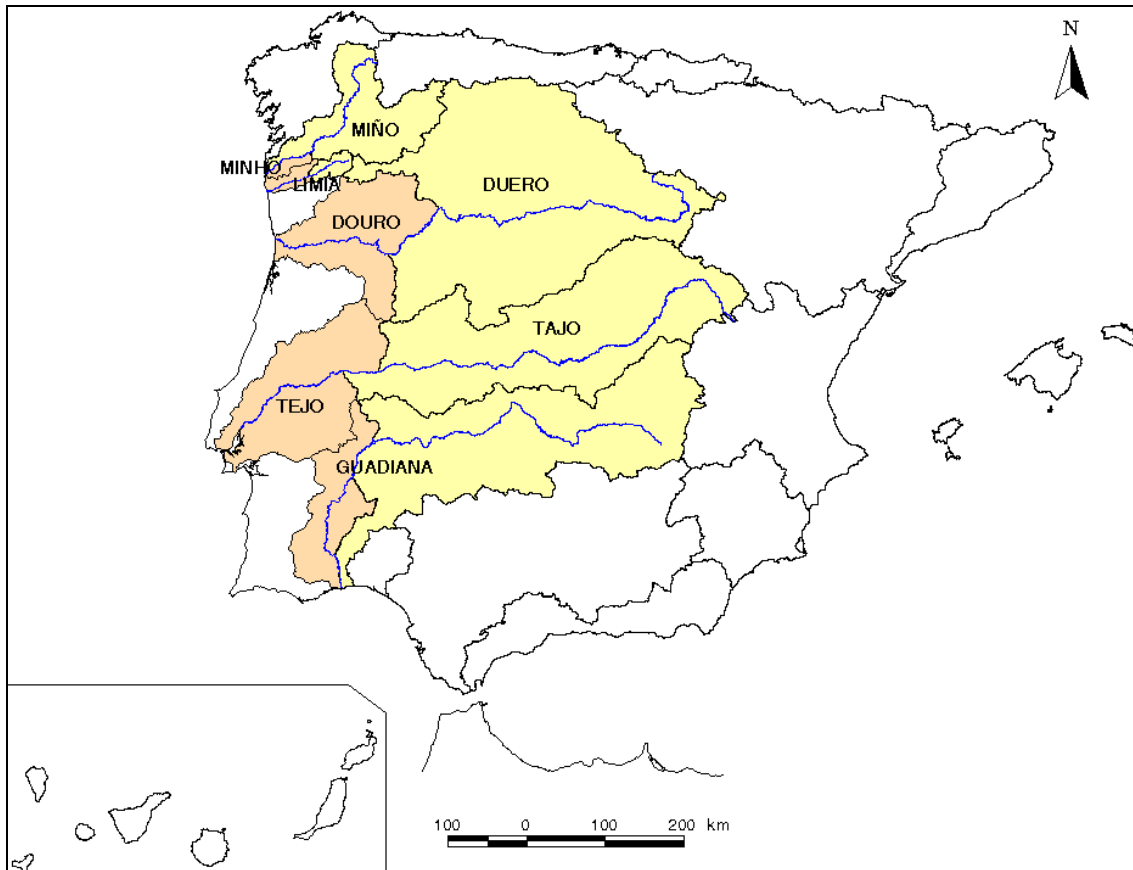


Figura 12. Ríos y cuencas hispano – portuguesas (tomada de MIMAM, 1998)

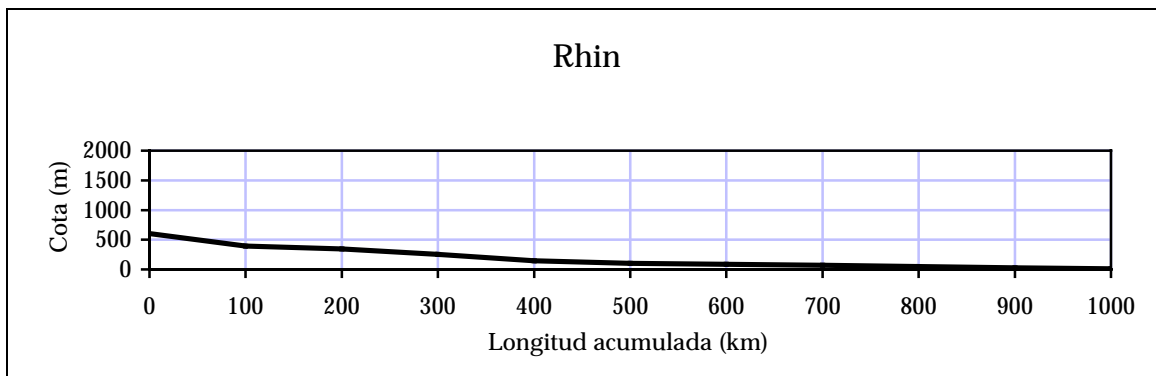
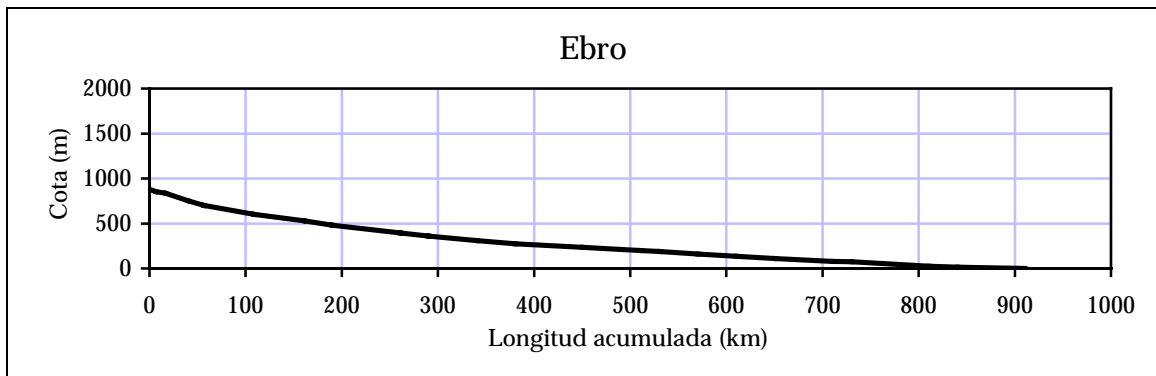
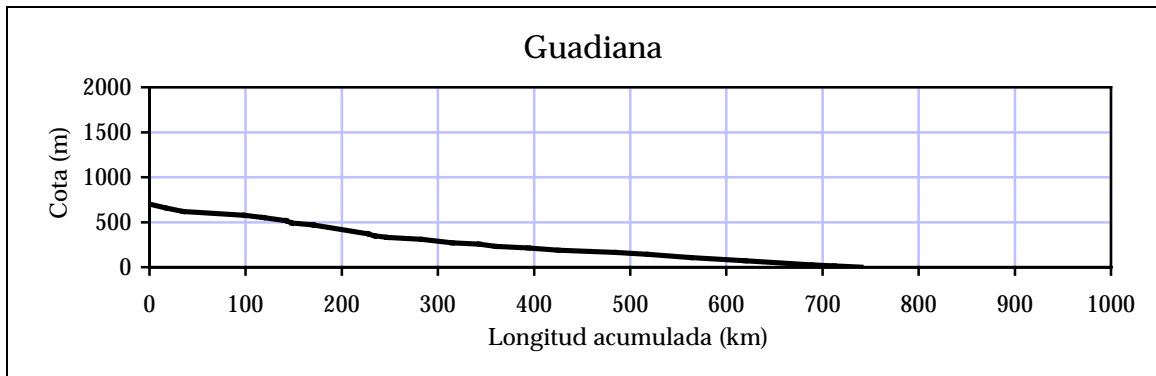
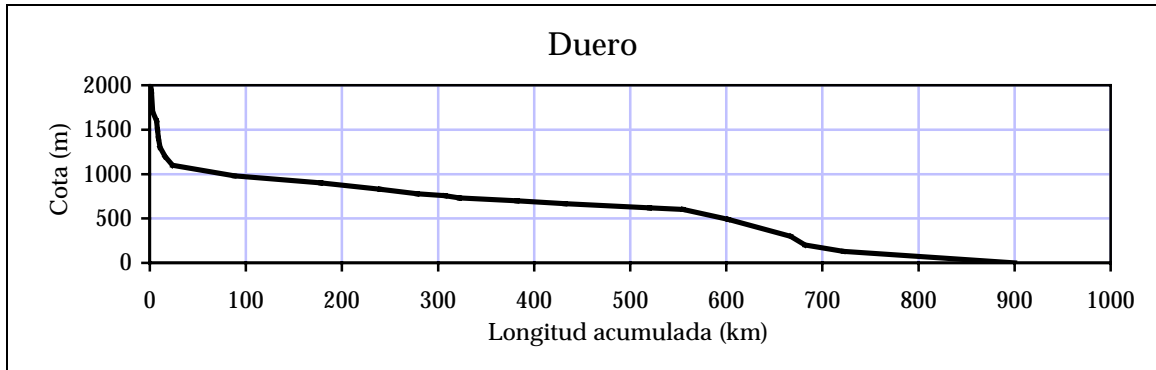
En Francia, la región de las llanuras la componen los valles de los ríos Sena, Loira y Garona. Estos ríos y sus numerosos afluentes drenan la vertiente atlántica de Francia. El río Ródano recorre la región de los Alpes franceses y vierte en el mar Mediterráneo.

En Italia, los principales ríos son el Po y el Adigio. El Po es navegable desde Turín hasta su desembocadura en el mar Adriático, mientras que el Adigio sigue un recorrido hacia el este, al igual que el Po, y desemboca en el Adriático. Los principales ríos peninsulares son el Arno y el Tíber. Desde su nacimiento en los Apeninos, el Arno fluye en dirección oeste a través de un valle agrícola intensamente explotado y de las ciudades de Florencia y Pisa. El Tíber nace cerca del Arno y pasa por Roma. En general, los ríos italianos son poco profundos y a menudo se secan en el verano, por lo que no son importantes de cara a la navegación.

Finalmente, Grecia es un país con cursos fluviales cortos. El río de mayor longitud es el Axios, que desemboca al Mar Egeo en el golfo de Salónica.

En las figuras siguientes se muestran los perfiles longitudinales de algunos ríos europeos de los países mediterráneos, observándose por ejemplo como el Duero cae bruscamente en su último tramo, cuando sale de la meseta española y entra en Portugal, lo que le confiere un potencial hidroeléctrico muy importante, o el

perfil casi plano y con escaso relieve del río Rhin, cuando atraviesa la gran llanura europea occidental durante más de 500 km, lo que le hace enormemente peligroso por sus inundaciones.



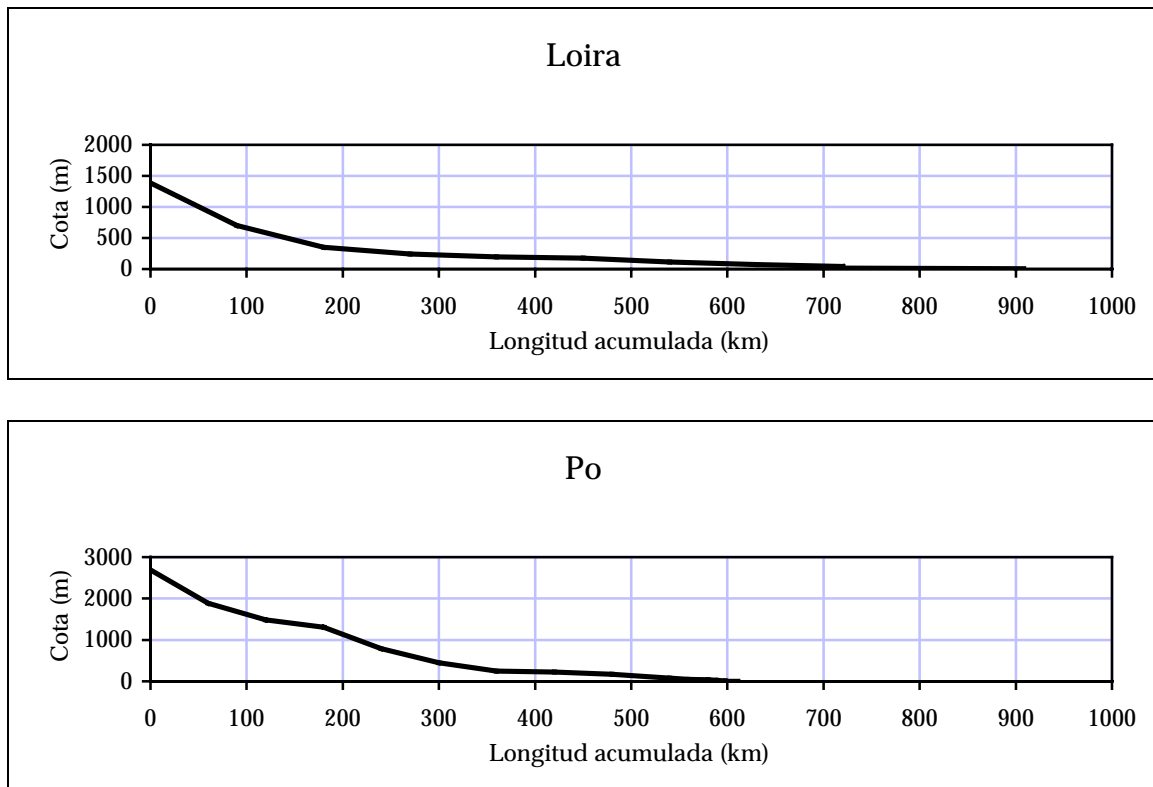


Figura 13. Perfiles longitudinales de algunos ríos europeos mediterráneos (Elaboración propia a partir del modelo digital del terreno del U.S. Geological Survey con resolución 1.000 m x 1.000 m)

En cuanto al régimen hidrológico de estos ríos, la irregularidad de las precipitaciones a lo largo del año se traduce en una gran irregularidad de los caudales, incluso mayor que la de la precipitación. Los ríos mediterráneos suelen tener un período seco o de menor caudal en verano, particularmente en agosto, llevando el mayor porcentaje de agua entre los meses de noviembre a febrero. La variación estacional de un río mediterráneo, propenso a que se produzcan avenidas relámpago, es muy diferente de la de un río del norte europeo, en el que los caudales son mayores en primavera debido al agua procedente del deshielo, o la de un río como el Rin, que presenta avenidas con caudales que se mantienen durante varios días.

En algunos casos de ríos mediterráneos, como el del Ebro, Ródano, Po o Adigio, el régimen característico irregular se ve modulado por la influencia de las nieves alpinas y pirenaicas (López Martos, 2000).

Las figuras adjuntas muestran algunos ejemplos de los caudales medios mensuales de distintos ríos (los datos proceden de la base de datos MED-HYCOS de la Organización Meteorológica Mundial, WMO).



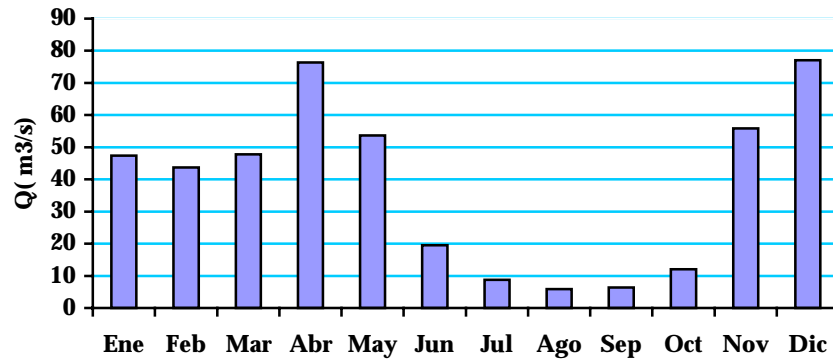


Figura 14. Distribución estacional de los caudales del río Acheloos en Avlako (Grecia). Fuente: MED-HYCOS

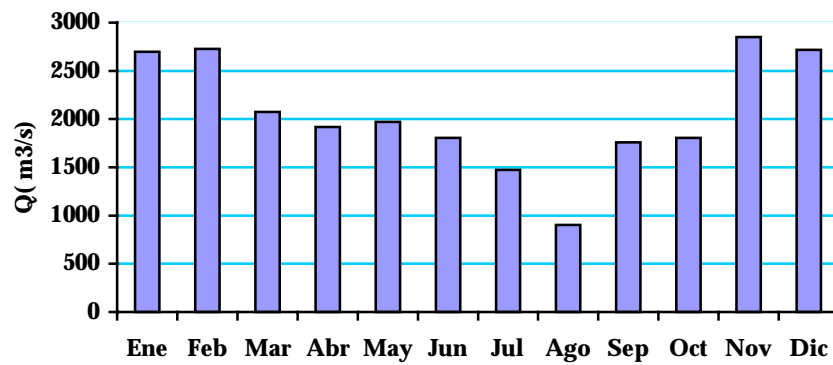


Figura 15. Distribución estacional de los caudales del río Ródano en Beaucaire (Francia). Período 1990-97 excepto año 91. Fuente: MED-HYCOS

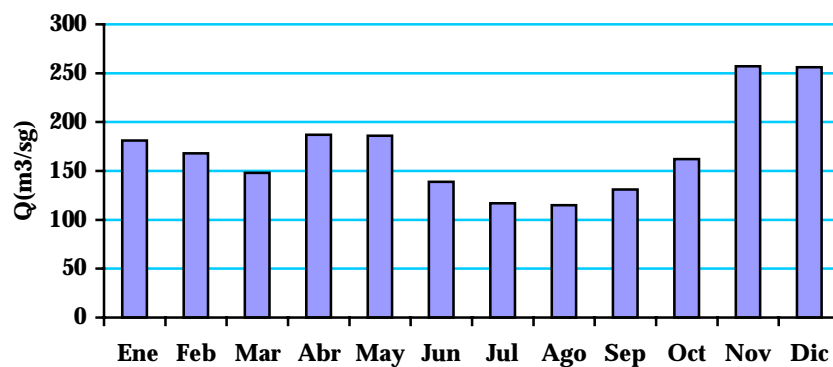


Figura 16. Distribución estacional de los caudales del río Tíber en Ripetta (Italia). Período 1990-96. Fuente: MED-HYCOS

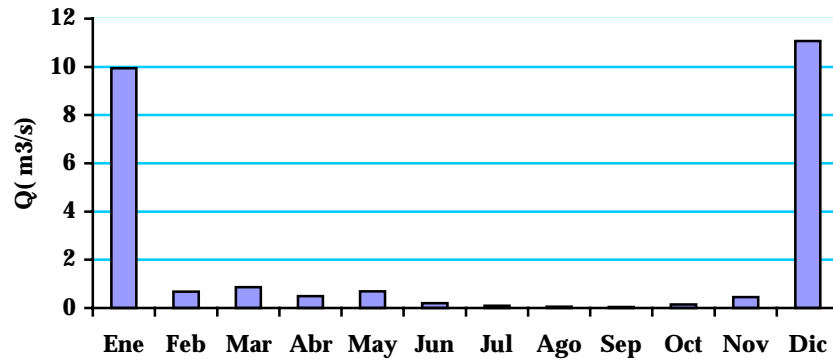


Figura 17. Distribución estacional de los caudales del río Guadiaro en San Pablo de Buceite (España). Período 1990-96. Fuente: MED-HYCOS

#### 2.4.2 Lagos

Los lagos naturales son masas de agua, dulce o salobre, cuya característica más distintiva es que permanecen quietas. Se han formado como consecuencia de procesos geológicos fluviales, volcánicos o glaciales. Su tamaño y profundidad tienen una gran influencia sobre su ecología. Las aguas en lagos poco profundos usualmente se encuentran bien mezcladas a lo largo de todo el año, mientras que los lagos con una profundidad mayor de 5-10 m habitualmente se encuentran estratificados térmicamente en los meses de verano (EEA, 1994).

Italia es el país donde más abundan los lagos naturales (Tabla 2). Los más importantes de la Italia septentrional son el Garda, el Mayor y el Como. Entre los peninsulares, mucho más pequeños que los primeros, se encuentran el Trasimeno, el Bolsena y el Bracciano. Francia tiene pocos lagos, siendo el más destacado el lago Lemán, que se encuentra en la frontera franco-suiza y pertenece en su mayor parte a Suiza.

Denominación	Origen	Localización geográfica	Superficie (km <sup>2</sup> )	Altitud (m)	Profundidad máxima (m)	Volumen (km <sup>3</sup> )
Leman	Morrena +tectónico	Francia/Suiza	582	372	310	89
Garda	Morrena terminal	Norte de Italia	370	65	346	50
Prespa	Tectónico-kárstico	Grecia/Albania /Macedonia	274	695	54	4
Mayor/Maggi ori	Morrena terminal	Italia-Suiza	212	194	370	38
Como	Morrena terminal	Norte de Italia	146	198	410	23
Trasimeno	Tectónico	Italia central	124	259	6	0,6
Bolsena	Lago de cráter	Italia central	114	305	154	9
Iseo	Morrena	Italia	61	185	258	8
Bracciano	Volcánico	Italia central	57	-	165	5

Tabla 2. Los mayores lagos en los países mediterráneos. Fuente: Margat y Vallée, 1998

### 2.4.3 Humedales

No existe una definición de índole científica y técnica de humedal unánimemente aceptada por los científicos y profesionales de los diversos campos relacionados con la ecología y la gestión de estos ecosistemas. Las diversas definiciones – lagos, lagunas, deltas, marismas, marjales - están incluso abiertas a diversas interpretaciones. La convención RAMSAR define los *humedales como áreas de marjales, pantanos, turberas, o como aguas naturales o artificiales, permanentes o temporales, con agua estática o en movimiento, potable, salobre o salada, incluyendo aguas marinas donde el calado en marea baja no exceda de los 6 metros.*

Los humedales se constituyen en agentes diversificadores del paisaje, en reservas inestimables de agua y en cobijo de una fauna que, si no existieran, sería muy difícil contemplar (Cardelús y otros, 1996). A pesar de su belleza y productividad, han sufrido en muchas regiones de los países mediterráneos importantes mermas en su superficie, al ser considerados un terreno a conquistar mediante su desecación por estar catalogados como áreas insalubres e improductivas.

El desarrollo o regresión de estas áreas viene determinado tanto por la combinación de influencias del mar y de los ríos, como de las actividades humanas. El grado de artificialización de estos humedales es grande y sus características hidrológicas y geomorfológicas han sido muy alteradas, no siendo fácil precisar en muchos casos cuál es el estado ecológico de referencia (Prat, 2000).

En la Figura 18 se muestra la distribución espacial de los humedales en los distintos países, observándose la importante extensión que ocupan en el caso de Francia.

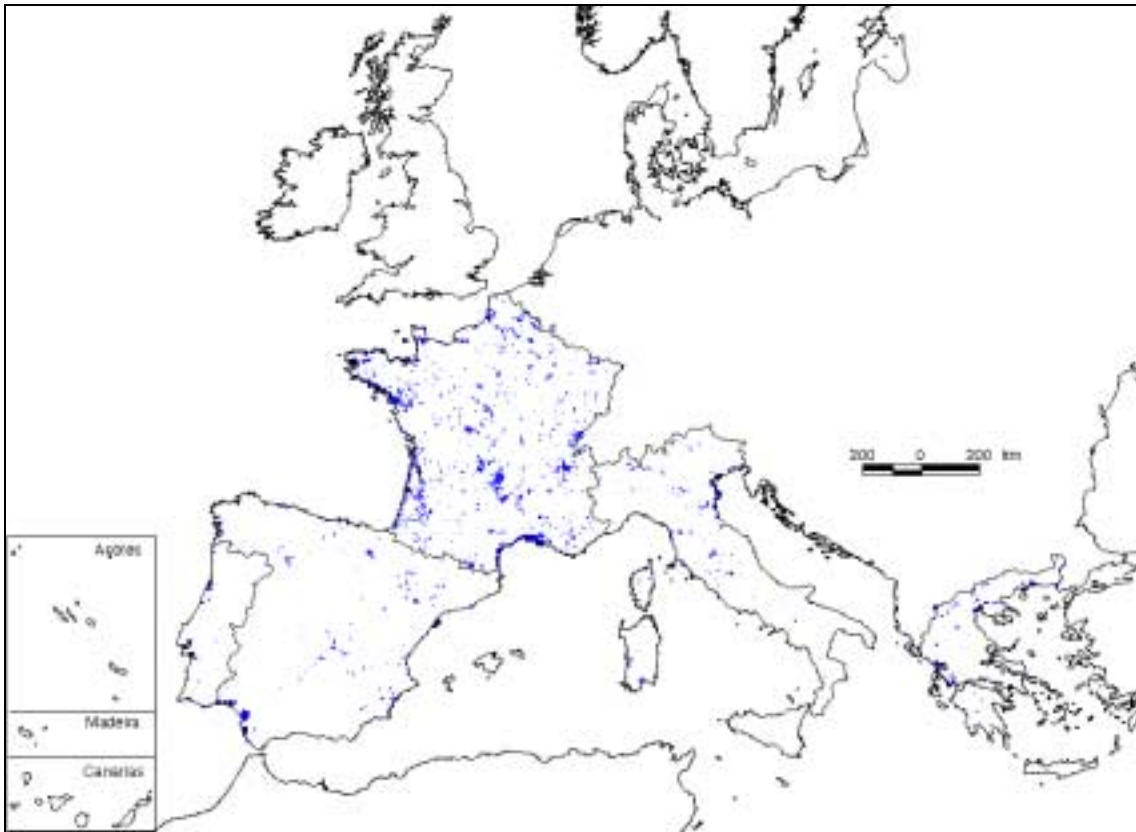


Figura 18. Mapa de humedales en los países mediterráneos (elaborado a partir de CORINE LAND COVER, resolución 250 m x 250 m)

## 2.5 El medio biótico y la biodiversidad

Los países mediterráneos, tanto en sus territorios continentales como en los insulares, presentan una gran riqueza en el medio biótico, en correspondencia con la existente y ya mencionada para el medio abiótico. El clima, los suelos, la orografía y la forma de ocupación actual del territorio por el hombre, son los factores causales que permiten comprender el alto grado de diversidad natural que caracteriza a estos países.

En la Tabla 3 se muestra el número de especies vasculares (helechos y plantas con flores) presentes en cada país, de las aproximadamente 10.000 conocidas en el conjunto de países que forman la Unión Europea. Destaca el elevado número de especies presentes en España, del orden del 80% de todas las conocidas en la UE. A España le siguen otros países, también mediterráneos, como Italia, Grecia y Francia. Con relación a otros grupos del reino vegetal (algas, hongos, líquenes y musgos), las cifras son menos fiables y es arriesgado hacer análisis comparativos.

País	Número de especies
Alemania	2.682
Bélgica	1.452
Dinamarca	1.252
España	8.000
Francia	4.630
Grecia	4.992
Países Bajos	1.221
Irlanda	950
Italia	5.598
Luxemburgo	1.246
Portugal	2.573
Reino Unido	1.623
TOTAL UE12	10.000

Tabla 3. Riqueza de plantas vasculares en número de especies. Fuente: MOPTMA, 1995

En cuanto a la fauna de los vertebrados (Tabla 4), también en los países mediterráneos existe un porcentaje elevado de todas las especies presentes en los países de la UE. España alberga, por ejemplo, el 74 y 79 %, respectivamente, de las especies de aves y mamíferos de la UE y el 65% del conjunto de las especies de vertebrados.

País	Peces	Anfibios	Reptiles	Aves	Mamíferos
Alemania	-	20	12	237	76
Bélgica	-	17	8	180	58
Dinamarca	-	14	5	185	43
España	68	25	56	368	118
Francia	-	32	32	267	93
Grecia	-	15	51	244	95
Países Bajos	-	16	7	187	55
Irlanda	-	3	1	141	25
Italia	-	34	40	254	90
Luxemburgo	-	14	7	130	55
Portugal	-	17	29	214	63
Reino Unido	-	7	8	219	50
TOTAL UE12	150	180 <sup>6</sup>		500	150

Tabla 4. Riqueza de vertebrados en diferentes países europeos. Fuente: MOPTMA, 1995

La *diversidad biológica o biodiversidad*, entendida como la *variedad y variabilidad de los organismos vivos, tanto silvestres como domésticos, y los ecosistemas de los que forman parte*, es un concepto que se ha impuesto en el campo de la conservación por su carácter globalizador, dada la necesidad de tratar la naturaleza como un todo y de mantener la totalidad de sus componentes (MIMAM, 1999).

Un indicador de la *diversidad es el cociente entre el número de especies presente en cada país y el logaritmo de la superficie total del país*. Tal y como se muestra en la Tabla 5, España es el país europeo que tiene unas cifras más altas de este indicador.

<sup>6</sup> suma de anfibios y reptiles

Los datos que se muestran en la Tabla 5 son también especialmente significativos en cuanto a la importancia de los países mediterráneos en cuanto a la diversidad de sus especies.

País	Plantas vasculares	Vertebrados
Alemania	483	62
Bélgica	324	59
Dinamarca	270	53
España	1.401	99
Francia	805	74
Grecia	969	79
Holanda	264	57
Irlanda	195	36
Italia	1.021	76
Luxemburgo	365	60
Portugal	518	65
Reino Unido	301	53

Tabla 5. Diversidad de plantas vasculares y vertebrados en diferentes países europeos. Fuente: MIMAM, 1999

A diferencia de lo que ocurre con el concepto de especie, el concepto de hábitat resulta ser bastante más complicado y de difícil caracterización. Aún así puede afirmarse que en los países mediterráneos la presencia de regiones climáticas diferentes, ecosistemas alpinos, ecosistemas insulares, etc, aseguran prácticamente la existencia de todas las grandes clases de hábitats europeos: bosques atlánticos y mediterráneos, formaciones arbustivas atlánticas y mediterráneas, zonas húmedas, ecosistemas pseudoesteparios, dehesas, marismas, ecosistemas litorales, dunas marítimas y continentales, etc.

La Directiva Hábitats (directiva 92/43/CEE) recoge 226 tipos de hábitats de interés comunitario en su Anejo I, de los que el 44% están representados en España. En término de número de hábitats y especies, tres países europeos tienen una especial responsabilidad: Francia, España e Italia. Portugal comparte con España una importante responsabilidad en las especies endémicas.

Como respuesta a la variabilidad en hábitats y especies, existen diversas propuestas de sectorización en Europa, entre las que destaca el mapa europeo de regiones biogeográficas (en la Figura 19 se muestran las regiones incluidas en los países estudiados) desarrollado como una herramienta para la evaluación de la red NATURA 2000 de la Unión Europea (Directiva 92/43/CEE) (EEA, 1998).

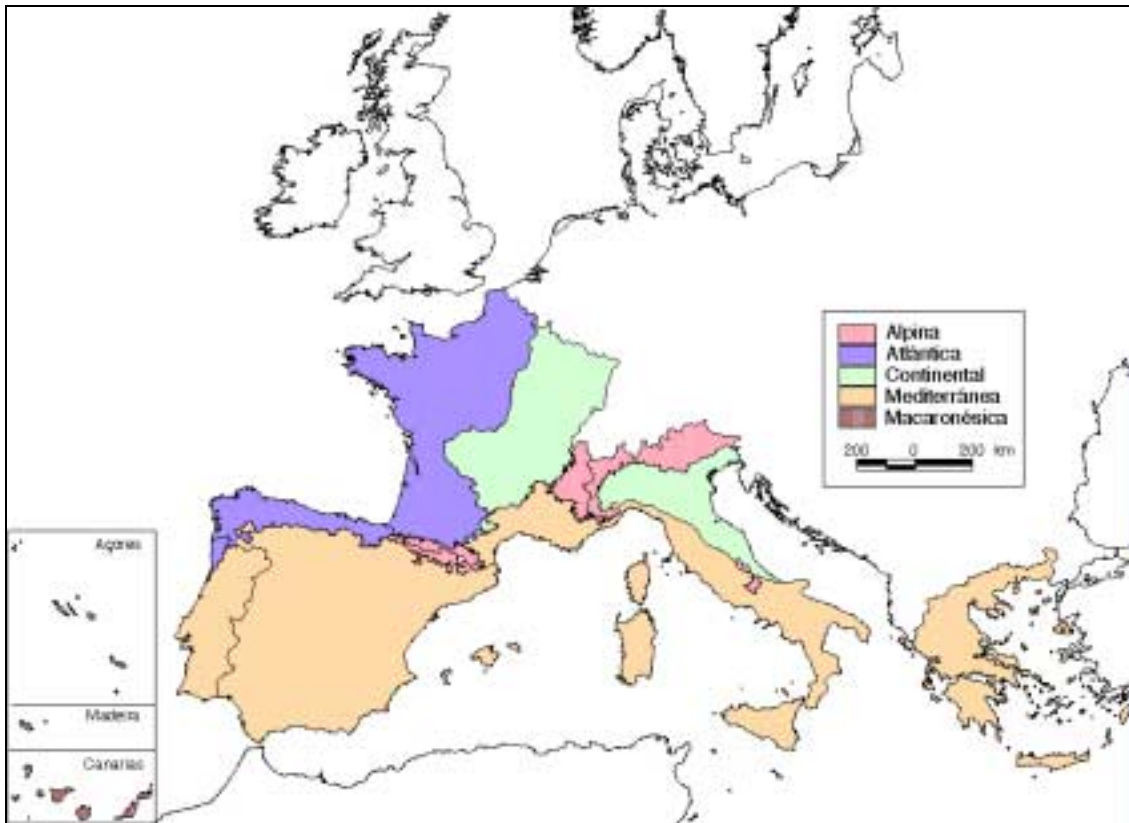


Figura 19. Regiones biogeográficas incluidas en los países mediterráneos. Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente.

En la Figura 19 cabe diferenciar 5 regiones biogeográficas: la alpina, la atlántica, la continental, la macaronésica y la mediterránea. Estas regiones se caracterizan por ser áreas geográficas que teniendo su propio carácter específico y original, pueden identificarse por la composición de su flora y su fauna (EEA, 1995). De las regiones anteriores, la mediterránea, además de la macaronésica, es la que contribuye en mayor medida al conjunto de la diversidad biológica comunitaria (MOPTMA, 1995).

Es importante retener que, en el mantenimiento de este activo natural, los ríos, ramblas, torrentes, las zonas húmedas, los embalses, etc desempeñan un importante papel al actuar como corredores por donde se desplaza la fauna, y servir de refugio y albergar, tanto en su interior como en sus riberas, una buena parte del total de las especies (MIMAM, 1998). Al papel de los ríos se une el que desempeñan los humedales, ya sean continentales o costeros, como refugio de muchas especies de la biota que de otro modo no podrían estar presentes en este territorio. Las masas de agua dulce (lagos y embalses) tienen también una gran importancia, ya que aunque ocupan una parte reducida de la superficie de los distintos territorios, mantienen un gran número de especies.

Conviene mencionar finalmente que ciertos procesos relacionados con la gestión del agua pueden provocar una pérdida de hábitats y diversidad biológica: por pérdida de efectivos poblacionales e incluso extinción de

especies, por fragmentación o modificación de hábitats, por desplazamiento de especies frente a la competencia de las introducidas, etc.

Entre los procesos que pueden provocar estas pérdidas se encuentran los siguientes (MIMAM, 1999): la sobreexplotación de los recursos, la pérdida de calidad de las aguas por contaminación, la eutrofización de los embalses, la desecación de los humedales, la alteración de los sistemas fluviales, la ocupación del dominio público hidráulico, la introducción de especies foráneas mediante trasvases, etc. Todos estos ejemplos ponen de relieve la importancia e impacto de las políticas del agua en el mantenimiento de la diversidad biológica en los países mediterráneos.

La percepción, en las últimas décadas, de un deterioro generalizado de la calidad del agua y la progresiva degradación o desaparición de importantes sistemas naturales no hace sino evidenciar el problema planteado, y poner de manifiesto una confrontación entre usos del agua y conservación del recurso que constituye uno de los problemas centrales a los que deben enfrentarse las modernas políticas del agua.

### **3 MARCO SOCIOECONÓMICO**

#### **3.1 Introducción**

El proceso de convergencia económica de los países europeos ha sido lento y todavía está incompleto, pues aún es importante la distancia que separa a los países mediterráneos (excepto Francia e Italia) de otros países europeos (Figura 20)



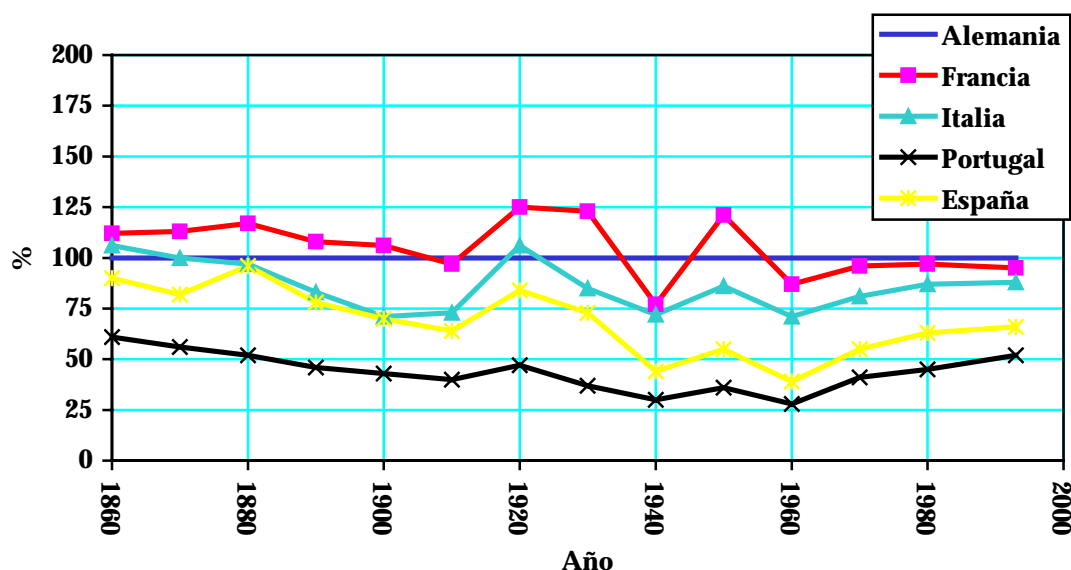


Figura 20. Comparación de los niveles relativos del producto real per capita en el periodo comprendido entre 1860 y 1993 (producto real per cápita de Alemania = 100). Elaborada a partir de datos de García et al, 1997).

Nota: No se dispone de los datos de Grecia

En los apartados siguientes se analizan las tendencias demográficas de los países mediterráneos y su incidencia sobre sus sistemas de utilización del agua y se describen las particularidades de sus sectores económicos, agrario, industrial y servicios, con relación al agua.

### 3.2 Población

El conocimiento de la población actual, su distribución espacial, las migraciones, las perspectivas de crecimiento en el futuro, etc son también cuestiones clave para comprender el sistema de utilización del agua de un país.

En los países objeto de este estudio se concentra el 46% de la población de los Estados miembros de la UE, registrándose densidades de población muy superiores a la media de la UE en Italia, similares a la media en Francia y Portugal, e inferiores en España y Grecia (Tabla 6).

País	Superficie (km <sup>2</sup> )	Población (miles habitantes)	Densidad (habitantes / km <sup>2</sup> )
Portugal	92.398	9.797	106
España	506.470	39.109	77
Francia	543.965	58.333	107
Italia	301.277	57.138	190
Grecia	131.957	11.213	85
UE	3.240.000	373.220	115

Tabla 6. Densidades de población de los países mediterráneos en el año 1995. Fuentes: Base de datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente y Barraqué, 2000

En la Figura 21 se muestra el grado de urbanización en función de la densidad de población, apreciándose que, exceptuando el caso de Italia, en los restantes países existen amplias áreas con una densidad de población muy baja.

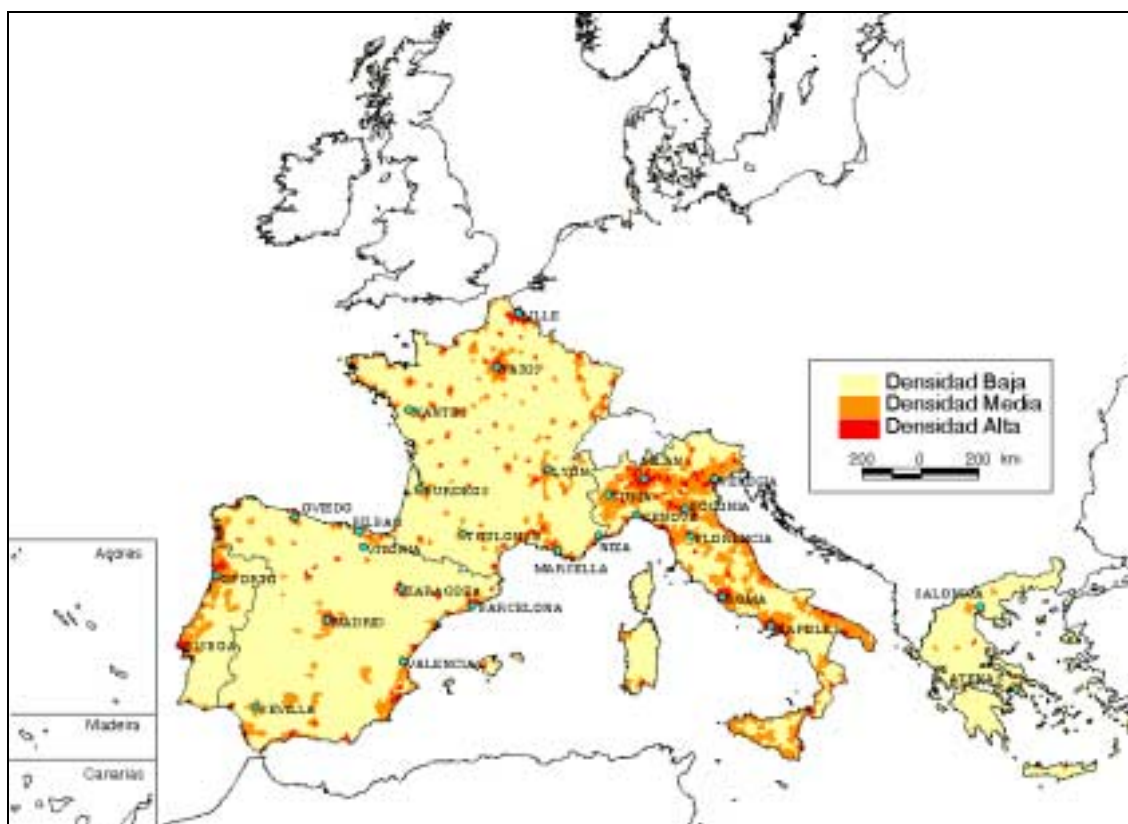


Figura 21. Mapa de urbanización y densidades de población (Fuente: EUROSTAT)

A partir del mapa de grado de urbanización anterior, del mapa de usos del suelo de CORINE LAND-COVER y de los datos de población disponibles en las regiones hidrográficas en que se dividen los distintos países, se ha obtenido el mapa de la Figura 22, de tamaño de celda 5 km x 5 km, donde se muestra una estimación de la distribución territorial de la población. El procedimiento seguido ha consistido en: asignar un valor inicial al mapa de grado de urbanización para cada nivel de densidad de urbanización (alta 4.000 hab/km<sup>2</sup>, media 500 hab/km<sup>2</sup> y baja 100 hab/km<sup>2</sup>); seleccionar los usos de suelo urbano en el mapa de CORINE LAND COVER de resolución 250 m X 250 m; obtener la superficie ocupada por el uso urbano en cada una de las celdas de tamaño 5 km X 5 km; multiplicar los dos mapas anteriores para obtener un mapa preliminar de población y finalmente multiplicar este mapa preliminar por un factor corrector por cuenca hidrográfica, para hacerlo consistente con los valores de población disponibles para cada cuenca según diversas fuentes (CEDEX, 1998a, WRI, 1997 y Correia, 1998a).

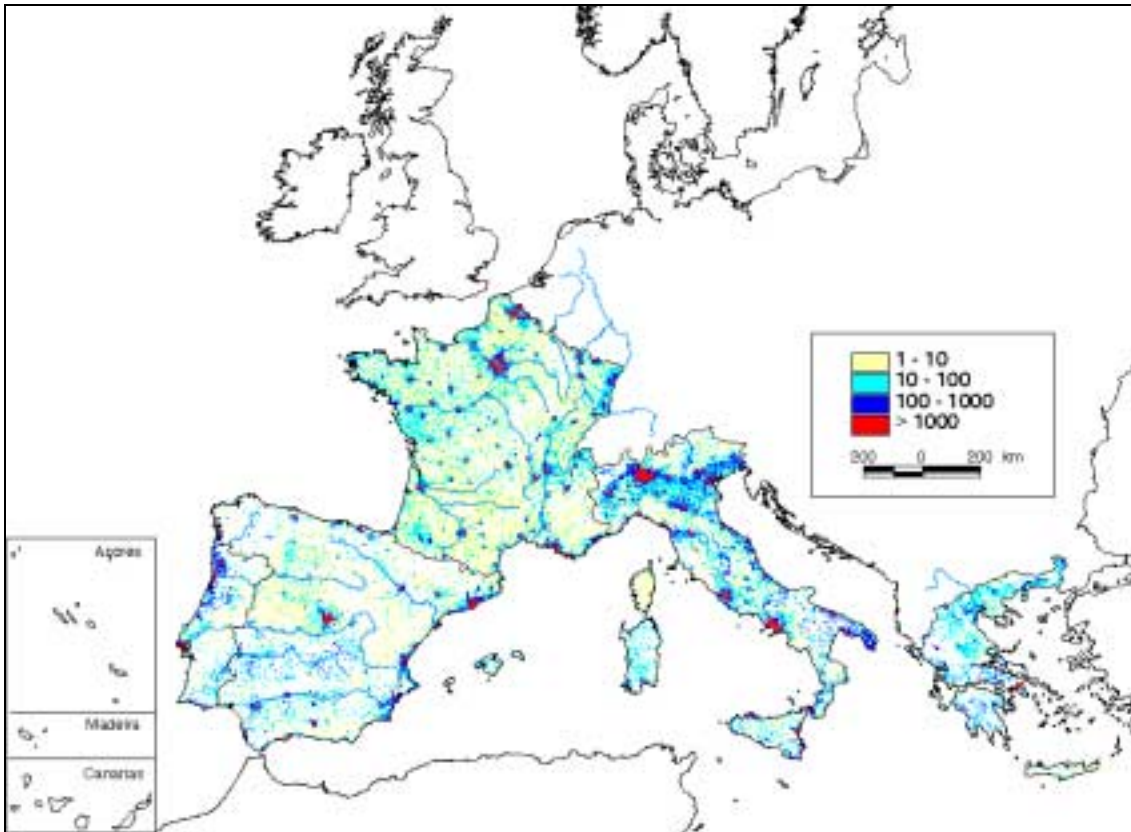


Figura 22. Mapa de distribución espacial de la población (hab/km<sup>2</sup>) con resolución de 5 km x 5 km (Elaboración propia a partir de los usos de suelo de CORINE LAND COVER (EEA), del mapa del grado de urbanización de EUROSTAT y de los datos de población por regiones hidrográficas. Fuente de los datos: CEDEX, 1998 a, WRI, 1997 y Correia, 1998a)

La población y la actividad económica, excepto en el Norte de Italia, se concentra en la costa y en los valles de los principales ríos, lo cual se explica fácilmente por razones geográficas e históricas. El clima es más templado, la tierra cultivable es más abundante, el comercio es más intenso y las condiciones de vida suelen ser más aceptables. Suele haber una migración continua de las tierras del interior de éstos países hacia las grandes ciudades que se sitúan a lo largo de la costa, lo que en ocasiones causa serios problemas con el suministro de agua y con el tratamiento de las aguas residuales (Correia, 1999).

Ejemplos de esta concentración de población son el eje Tesalónica-Atenas-Patra en Grecia, donde se producen las concentraciones de población y actividad económica más altas del país y los recursos son limitados, o las regiones del Sudeste del Mediterráneo en España, donde se localiza una agricultura muy productiva pero donde se producen riesgos de escasez de recursos estructurales<sup>7</sup> (MIMAM, 1998).

<sup>7</sup> Se entiende que en territorio se encuentra en una situación de riesgo de escasez estructural cuando el cociente entre la demanda consuntiva y el recurso potencial es mayor que 1. A su vez el recurso potencial suele definirse como el recurso natural menos los requerimientos ambientales.

Aunque la población mediterránea sigue creciendo en valor absoluto, la tasa de crecimiento ha descendido notablemente en los últimos años, tal como se deduce de comparar las cifras de 1979 y 1996 (Tabla 7).

País	Tasa de crecimiento (%)		Estructura por edades (% del total) en 1996		
	1996/95	1979/78	<15 años	15 – 64	> 65 años
Portugal	0.2	1.1	17.5	67.7	14.8
España	0.2	0.9	16.2	68.2	15.6
Italia	0.3	0.3	15.3 <sup>(1)</sup>	68.9 <sup>(1)</sup>	15.3 <sup>(1)</sup>
Francia	0.4	0.4	19.3	65.4	15.8
Grecia	0.1	1.3	16.6	67.6	15.8
UE	0.3	0.4	17.4	67.1	15.5

Nota: <sup>(1)</sup> Dato de 1994.

Tabla 7. Características de la población de los países mediterráneos (Fuente: Base de datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OECD)

Según estimaciones recientes, en Europa el 2% de terreno rural se transforma en urbano cada 10 años, siendo causante de enormes presiones desde el punto de vista medioambiental (EEA, 1995). En la Figura 23 se muestra el desarrollo demográfico que se ha producido en Europa en el periodo 1991-1995. Las áreas más meridionales de la península Ibérica, donde los problemas derivados de la escasez de agua son mayores, son aquellas en las que se han producido también los mayores crecimientos demográficos.

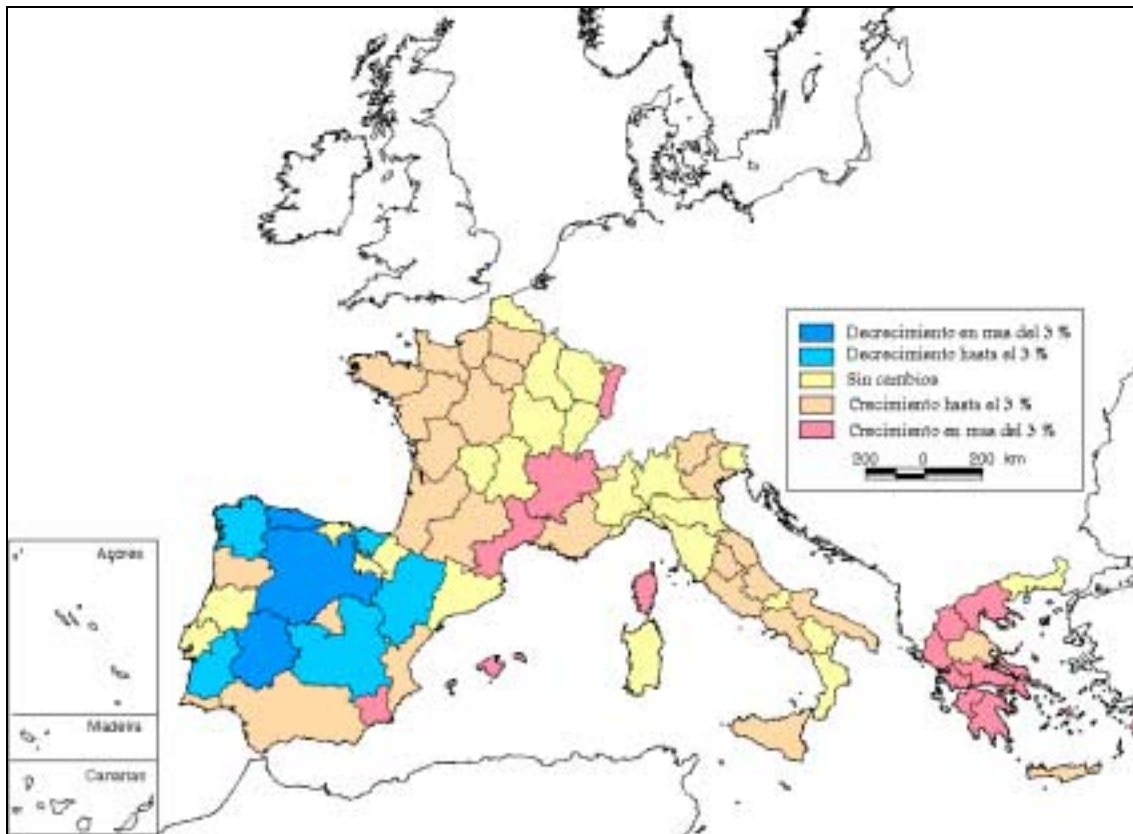


Figura 23. Desarrollo demográfico en el periodo 1991-1995. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de EUROSTAT

La Figura 24 muestra la evolución que ha sufrido la población en los últimos años y las perspectivas de crecimiento hasta el año 2010. En España, Italia, Portugal y Grecia se aprecia una mayor tendencia a la estabilización de la población que en Francia, cuya tendencia está más próxima a la media de la población europea.

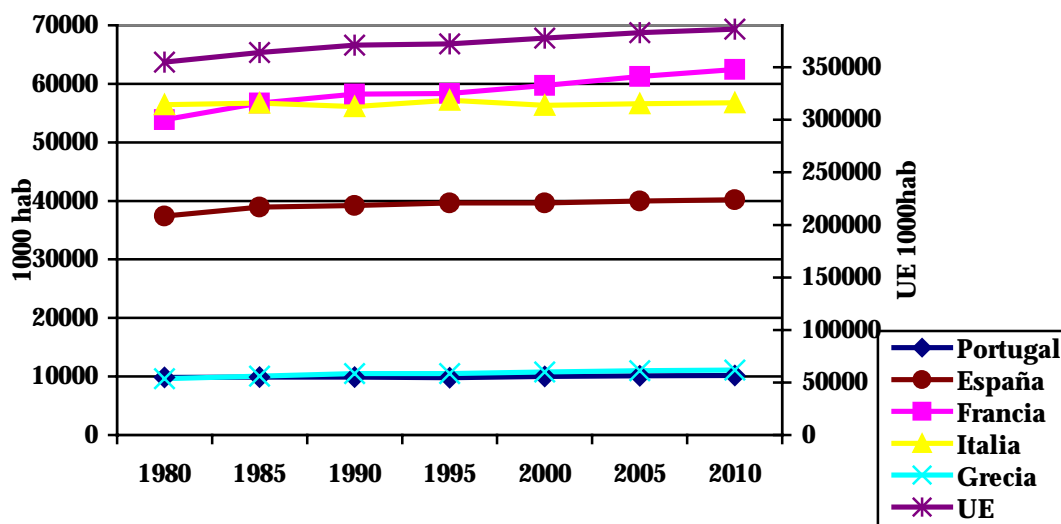


Figura 24. Evolución histórica y proyecciones de la población (Fuente: Base de datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente)

También es importante indicar que la población tiende a concentrarse cada vez más en áreas urbanas, tal como muestra la evolución histórica y las proyecciones de la Figura 25. Conviene destacar el elevado grado de concentración urbana que se ha producido en los últimos años y que se prevé para el futuro en el caso de Portugal.

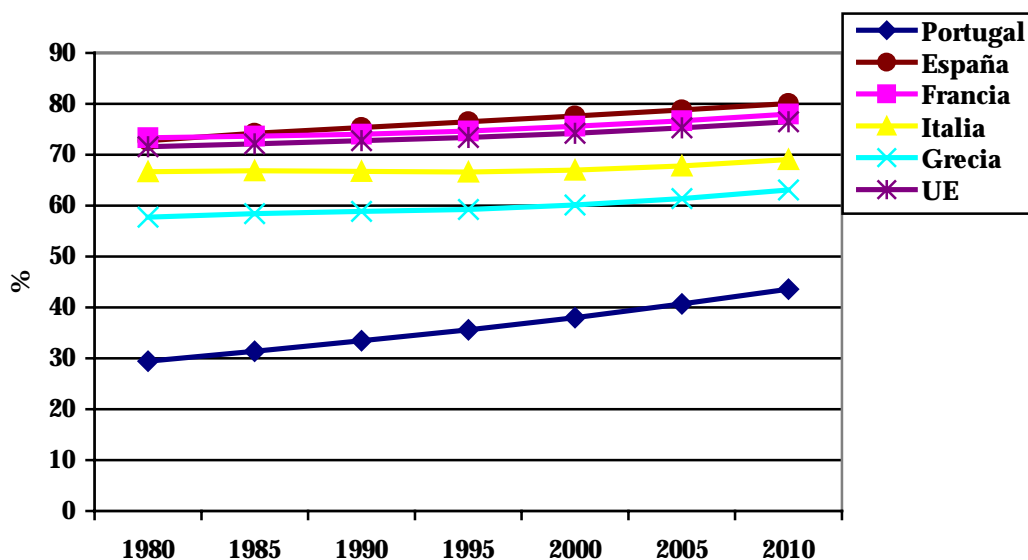


Figura 25. Evolución histórica y proyecciones de la proporción de población urbana respecto de la población total (Fuente: Base de datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente)

Del análisis demográfico anterior se concluye que no es previsible que se produzcan incrementos demográficos globales importantes en los países mediterráneos, siendo la tónica esperable la de su mantenimiento.

Escapa a esta tónica general el territorio francés o las regiones del Sudeste español, donde sí cabe prever incrementos demográficos significativos a medio y largo plazo. En este último caso, el hecho de que estas regiones sean las más desfavorecidas en cuanto a disponibilidad de recursos hace que, por razones estrictamente demográficas, sea previsible un agravamiento en el futuro de los problemas de déficit de recursos hídricos. Este agravamiento ha de contemplarse, no obstante, como muy matizado, habida cuenta la escasa incidencia que, en términos absolutos, tiene este componente urbano sobre la demanda total de agua en dichos territorios. Sí que es importante sin embargo incidir en la garantía de esta demanda, ya que la masiva concentración de población en las grandes áreas meridionales y costeras requiere necesariamente de un suministro de calidad, estable y garantizado, al margen, en la medida de lo técnicamente razonable, de irregularidades hidrológicas e incertidumbres climáticas (MIMAM, 1998).

### **3.3 Población estacional**

El turismo, además de ser un sector económico de gran peso en los países mediterráneos, es un factor importante para la evaluación de las necesidades hídricas, particularmente en las zonas costeras. Todos los países objeto del presente estudio ven incrementada su población estacional debido a la afluencia de turistas, lo cual incide tanto en la estimación de la demanda como en el dimensionado de los sistemas de depuración de aguas residuales urbanas. Al tratarse de zonas eminentemente costeras, los efluentes de las depuradoras vierten en aguas mediterráneas<sup>8</sup>, afectando a su calidad.

En la Figura 26 se muestra el incremento de población experimentado en las ciudades costeras mediterráneas de España, Francia y Grecia. De acuerdo con las cifras de la citada figura, numerosas localidades costeras ven incrementada su población de forma espectacular durante los meses de verano, destacando las ciudades costeras españolas (Tabla 8). En algunas zonas costeras además se ha producido un incremento de la población permanente, como es el caso de las islas Baleares en España, con un aumento de la población del 4,75% desde 1996 a 1998 (INE, 1999). Estas cifras deben ser tenidas en cuenta a la hora de realizar evaluaciones tanto de la cantidad como de la calidad del recurso.

---

<sup>8</sup> También tienen importancia las aglomeraciones turísticas de Portugal, que vierten al Atlántico, así como de las costas del norte de Francia.

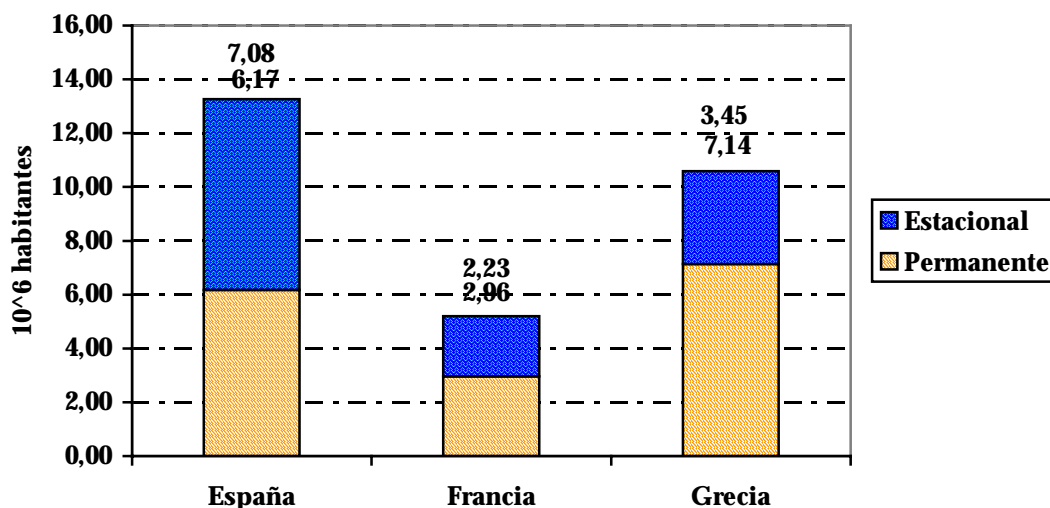


Figura 26. Población permanente y estacional en las ciudades costeras mediterráneas (Fuente: UNEP/WHO, 1996)

Comunidad Autónoma	Viajeros (ocupación hotelera)	Población permanente
Canarias	5.648.155	796.483
Islas Baleares	3.047.361	1.630.015

Tabla 8. Número de viajeros registrados en establecimientos hoteleros de las islas españolas y población permanente en 1998 (Fuente: INE, 1999)

### 3.4 Los sectores económicos

#### 3.4.1 Introducción

La situación actual de los distintos sectores económicos y sus perspectivas de futuro, constituyen indicadores muy valiosos sobre las necesidades y usos sectoriales del agua de un territorio.

En los últimos decenios, en Europa, y de forma más acusada en los países mediterráneos, se ha venido produciendo un fuerte cambio en la estructura productiva, en favor de la industria y los servicios y en detrimento de la agricultura (Figura 27). Esta transformación estructural ha incidido positivamente en la renta per capita de la economía (García et al, 1997).



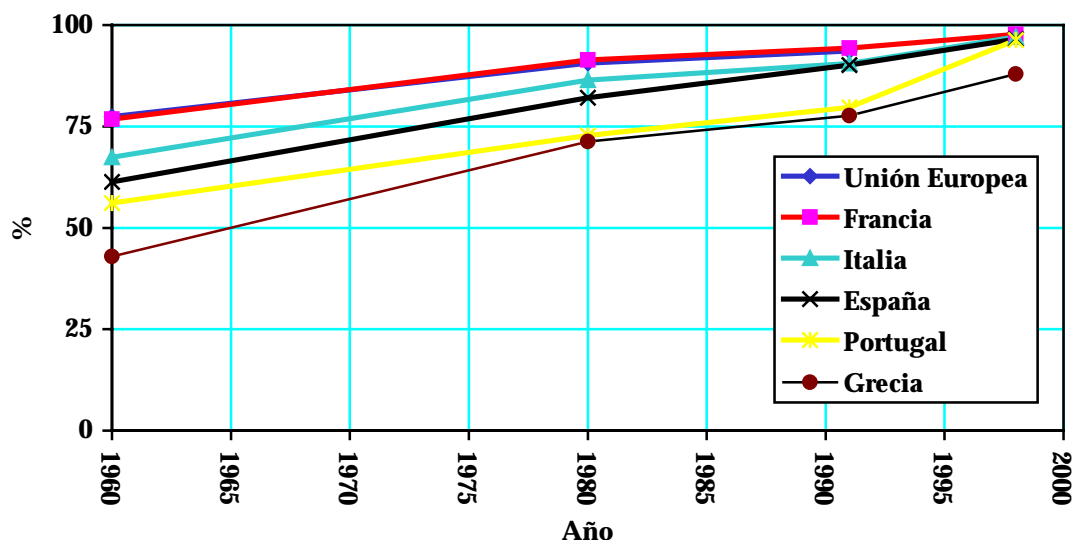


Figura 27. Evolución del porcentaje de empleo en el conjunto de los sectores industrial y de servicios. Fuentes: García et al, 1997 ; OECD, 1998a

La Figura 28 muestra la contribución de los distintos sectores a finales de los años noventa en la economía de los países analizados. En todos estos países el sector que más contribuye tanto al Producto Interior Bruto (PIB) (Figura 28) como al empleo (Figura 29) es el de los servicios. La contribución al PIB del sector agrario en estos países se encuentra, excepto en el caso de Francia, por encima de la media de los países de la Unión Europea (UE), siendo muy acusada esta diferencia en el caso de Grecia. En cuanto a la industria, se observan valores en general inferiores a la media de la UE. El sector servicios representa en todos los países, excepto en Francia, un porcentaje inferior a la media de la UE.

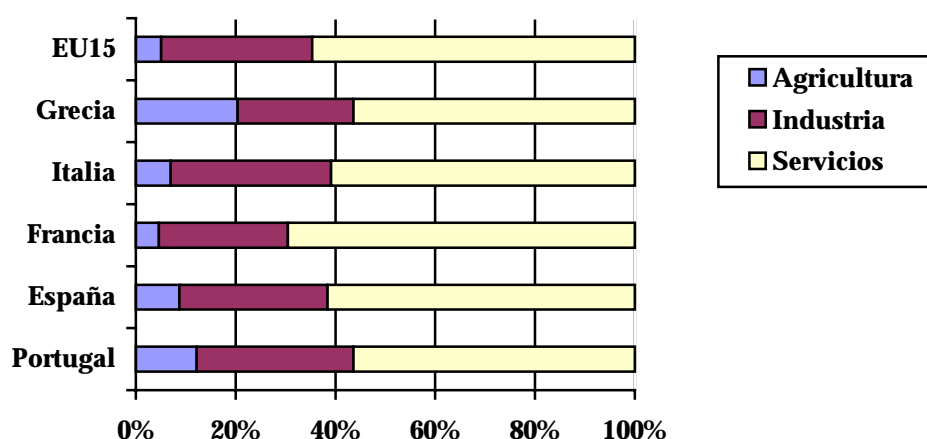


Figura 28. Contribución de los distintos sectores al PIB. (Fuente: OECD, 1998a)

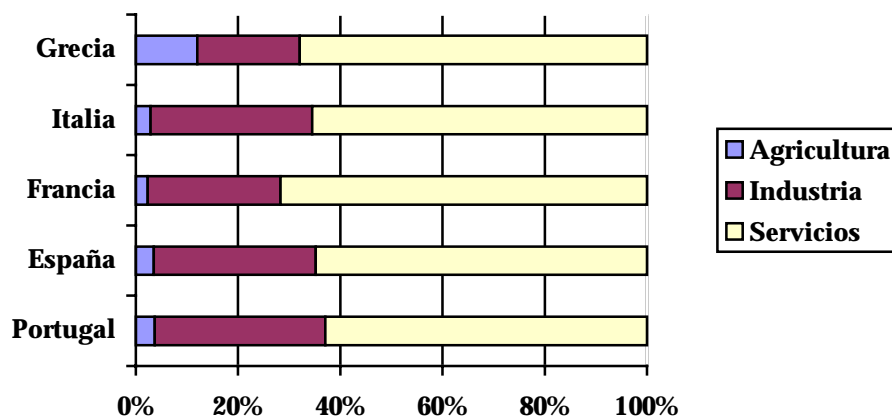


Figura 29. Contribución de los distintos sectores al empleo (Fuente: OECD, 1998a)

Según los escenarios socioeconómicos para los países de la Unión Europea realizados por el Instituto Nacional de Salud Pública y Protección Ambiental de los Países Bajos (RIVM, 1998) para la Agencia Europea de Medio Ambiente, se prevé unas tasas de crecimiento del sector servicios algo inferiores al 3% en el periodo 2000/2010. Los valores registrados recientemente han sido del 3,7% en el periodo 1985/1990 y del 2% en el de 1990/1995. El sector agrario mantiene, dentro de unas tasas bajas de crecimiento, una tendencia casi constante, siendo los valores previstos ligeramente superiores al 1% para el periodo 2000/2010. El crecimiento reciente observado ha sido del 1,2% para el periodo 1985/1990 y del 0,8% en el periodo 1990/1995. Estas cifras ponen de manifiesto la pérdida de peso relativo respecto a los otros sectores que la agricultura, principal consumidora de agua en los países mediterráneos, va a seguir teniendo en los próximos años.

### 3.4.2 La agricultura y el regadío

La agricultura en Europa es muy diversa, tanto en términos de productos cultivados como de la naturaleza y estructura de las unidades de producción, los métodos aplicados y la eficiencia de los mismos.

El sector agrícola en los países mediterráneos ha sido tradicionalmente muy importante, constituyendo la agricultura de regadío la principal demanda sectorial de agua. A lo largo de los últimos años se ha observado sin embargo un descenso de la participación de este sector en el PIB, descenso acorde con la tendencia existente en el resto de Europa, cuya participación media ha variado del 3,6% del PIB en el año 1984 al 2,3% en el año 1994, tal y como muestra la Figura 30.

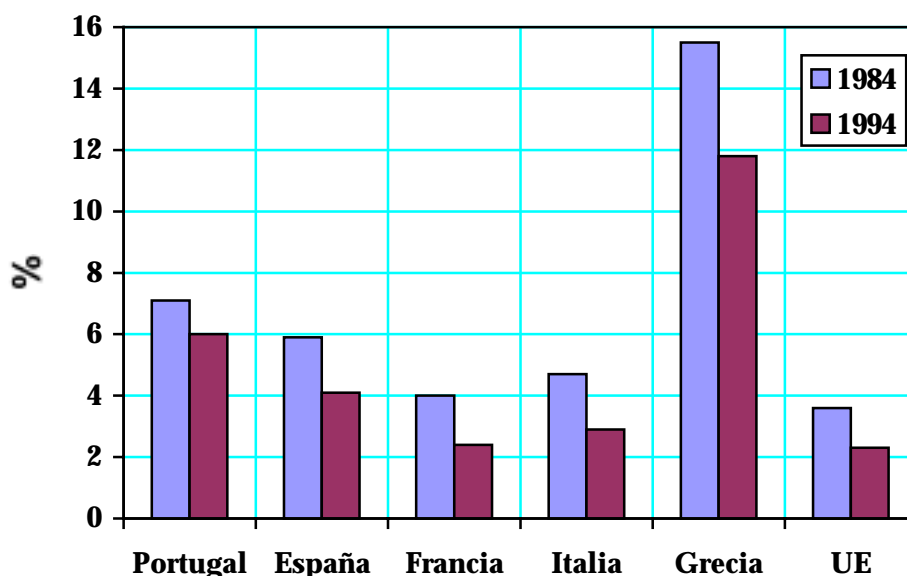


Figura 30. Variación del porcentaje del sector agrícola en el PIB (Fuente: Base de datos de la OECD)

A pesar del descenso de la agricultura de estos países en su participación en el PIB, debe resaltarse la gran implantación territorial que este sector económico tiene. En la Figura 31 se muestra la distribución espacial de la agricultura de regadío, observándose la gran extensión que cubre en las penínsulas ibérica, italiana y griega.

En la península ibérica el regadío se localiza preferentemente en la parte seca más meridional, en los valles de los principales ríos y en la costa. En Italia, además de en la isla de Sicilia, se localiza en el territorio peninsular del país, mientras que en Grecia destacan los regadíos de las regiones del sudeste y los de las islas. Francia es significativamente el país que tiene una menor proporción de regadío, concentrándose éste en la región mediterránea, valle del Ródano y zona costera, y en los valles de los ríos Garona y Loira.

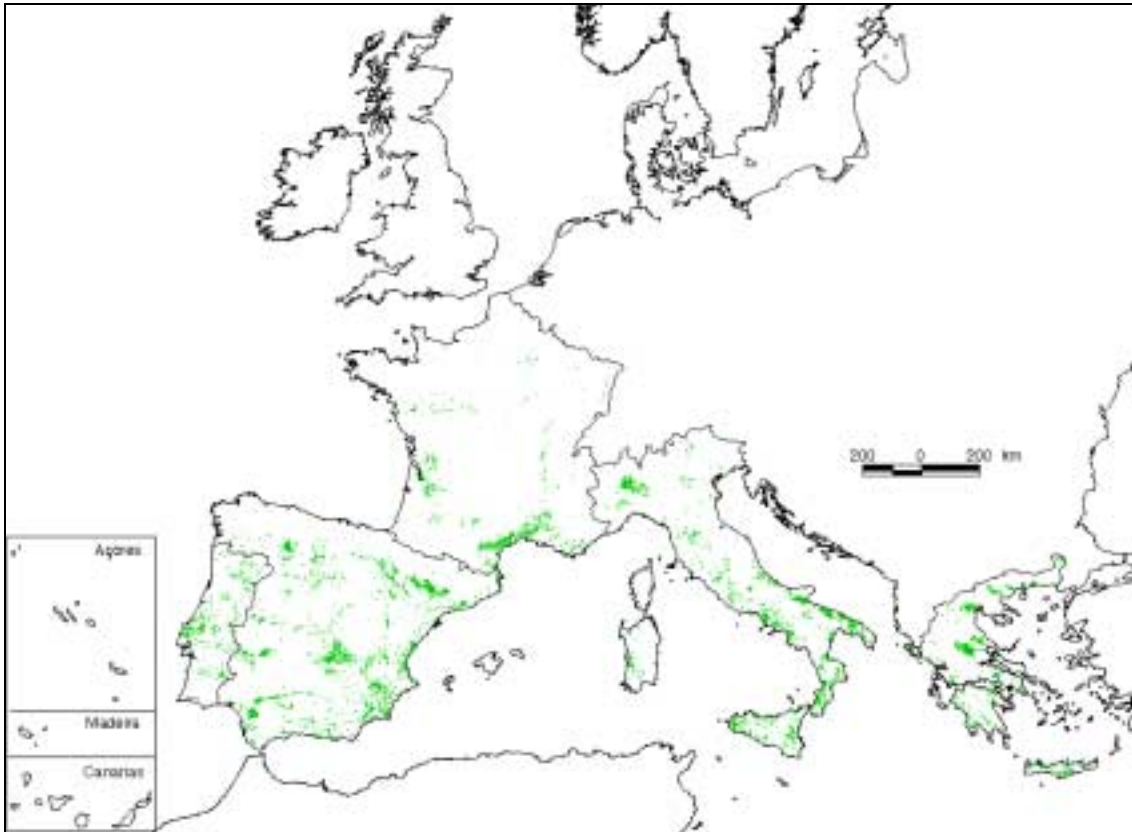


Figura 31. Mapa de regadíos con celdas de 250 m x 250 m derivado del mapa de Usos de suelo de CORINE LAND COVER (EEA).

Del total de la superficie de regadío de Europa, más del 90% se concentra en los países mediterráneos. En la Tabla 9 se muestra la utilización de las tierras para la agricultura y el porcentaje destinado al regadío en cada país. Grecia es el país mediterráneo que mayor porcentaje de superficie agrícola destina al regadío con casi el 40%, seguido por Italia, Portugal y España, entre el 25 y 15 % y, finalmente, Francia, con menos del 10%.

País	Superficie total (km <sup>2</sup> )	Superficie agrícola (1000 ha)	Superficie agrícola respecto a la superficie total (%)	Superficie de regadío (1000 ha)	Superficie de secano (1000 ha)	Superficie de regadío respecto a la superficie agrícola (%)	Superficie de secano respecto a la superficie agrícola (%)
Portugal	92.398	3.160	34	630	2.530	20	80
España	506.470	19.656	39	3.453	16.203	18	82
Francia	543.965	19.439	36	1.485	17.954	8	92
Italia	301.277	11.860	39	2.710	9.150	23	77
Grecia	131.957	3.494	26	1.314	2.180	38	62
Total	1.576.067	58.609	37	10.592	48.017	18	82
UE	3.240.000	87.903	27	11.354	76.549	13	87

Tabla 9. Utilización de las tierras en agricultura (Fuente: EEA, 1999c)

Para los próximos años, las proyecciones realizadas para la superficie agrícola destinada al regadío (Figura 32) estiman, con carácter general, ligeros aumentos

en todos los países, exceptuando Grecia donde el aumento es muy apreciable, al pasar de 1.300.000 ha en el año 1995 a unas 1.700.000 ha previstas para el 2.010.

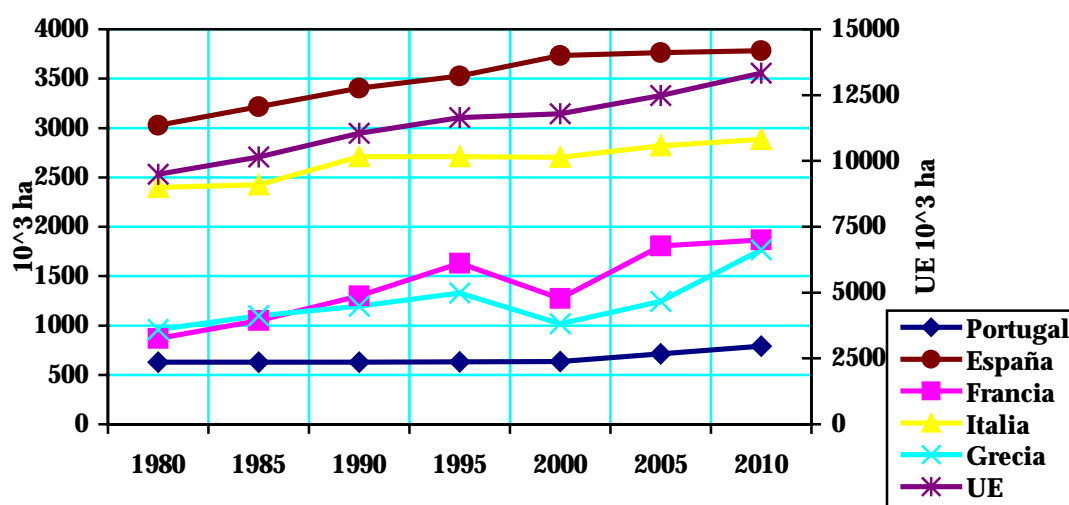


Figura 32. Evolución y proyección de la superficie regada en los países mediterráneos. Fuente: Base de datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente

### 3.4.3 Industria y energía

El término industria se utiliza en este documento para referirse a todos aquellos subsectores, dentro del gran sector de la actividad industrial, no específicamente dedicados a la producción de energía.

Desde la óptica de la demanda de agua, el sector industrial supone una situación de concentración espacial de demandas de agua, cuyo suministro es de gran importancia para el mantenimiento de la actividad productiva. De igual modo, y según las actividades concretas que se realicen, puede suponer un importante riesgo de contaminación de las aguas en estas áreas de concentración.

A partir de los usos de suelo de CORINE LAND COVER se ha obtenido el mapa de la Figura 33, que muestra la distribución territorial de la actividad industrial, y permite apreciar visualmente las principales áreas industriales, destacando de forma muy significativa el elevado grado de concentración que se produce en el Norte de Italia.

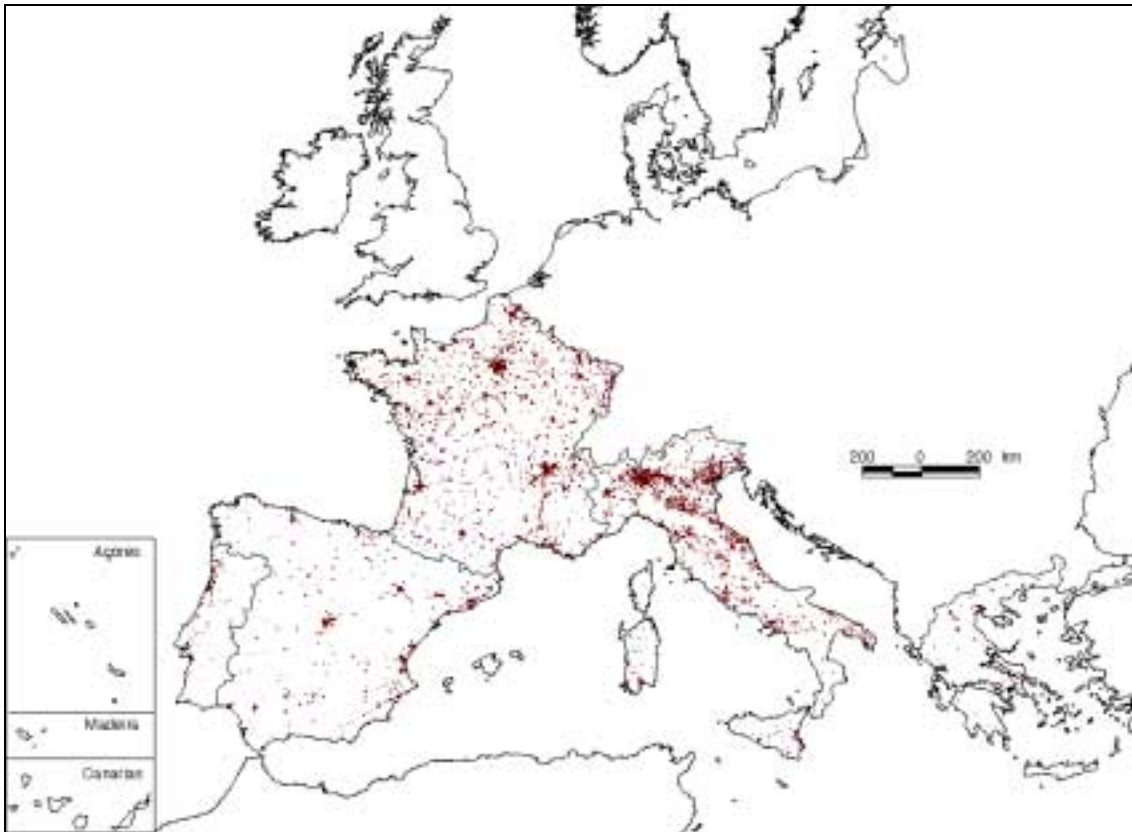


Figura 33. Mapa de actividad industrial derivado del mapa de Usos de suelo de CORINE LAND COVER

En cuanto al sector energético, este término se ha empleado en este documento para designar, dentro del gran grupo de la actividad industrial, a la específicamente dedicada a la producción de energía eléctrica. Dentro de este sector cabe diferenciar, asimismo, dos tipos de actividad: la de la producción de energía hidroeléctrica mediante la turbinación de caudales de agua aprovechando su energía potencial y la de la utilización del agua para la refrigeración de centrales de energía.

En España, alrededor del 48% de la electricidad se genera en centrales térmicas convencionales que utilizan principalmente carbones o petróleo refinado. Las instalaciones hidroeléctricas producen el 18% y las nucleares el 34%. En Portugal las instalaciones hidroeléctricas generan más del 30% de la electricidad. Francia es el país que más depende de la energía nuclear, la cual genera un 71% de la energía eléctrica. Las instalaciones hidroeléctricas producen alrededor del 19% de la energía en Francia y sólo alrededor del 10% de la producción de electricidad se genera en las centrales térmicas que utilizan carbón, productos derivados del petróleo o gas natural. Italia es un importador neto de energía, dependiendo de otros países para cubrir sus necesidades de gas, carbón y petróleo. Alrededor del 78% de la energía eléctrica producida anualmente en el país sale de sus plantas térmicas y el resto se produce en centrales hidroeléctricas. Finalmente, en Grecia un 92% de la electricidad se

genera en instalaciones termoeléctricas, y, el resto, en instalaciones hidroeléctricas ubicadas principalmente en el río Acheloos.

Con carácter general, la energía hidroeléctrica representa una contribución significativa en el balance energético de los países mediterráneos y tiene un papel muy destacado en el caso de Portugal. En los últimos años se ha producido sin embargo una tendencia decreciente en su uso, atribuible en parte a las desfavorables condiciones hidrológicas existentes (Figura 34).

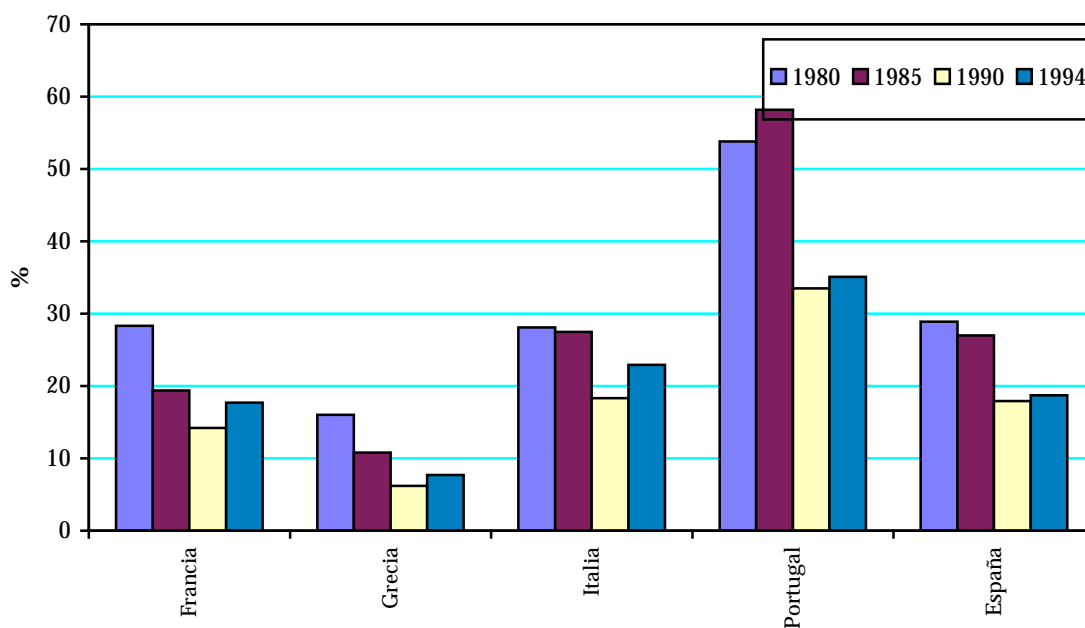


Figura 34. Evolución de la energía hidroeléctrica (en % respecto a la energía total) en los países mediterráneos.

#### 3.4.4 Los servicios y el turismo

Dentro del sector servicios, conviene analizar con detalle el fenómeno turístico, en cuanto que éste modifica estacionalmente la demanda hídrica, y genera requerimientos sobre las aguas continentales.

En términos de empleo y contribución al PIB, el turismo se ha convertido en una de las principales fuentes de empleo y una de las actividades socioeconómicas más importantes en Europa.

La evolución del empleo generado, directa o indirectamente, por el turismo en los distintos países desde 1996 a 2000 y las proyecciones efectuadas para el año 2010, se indican en la Figura 35.

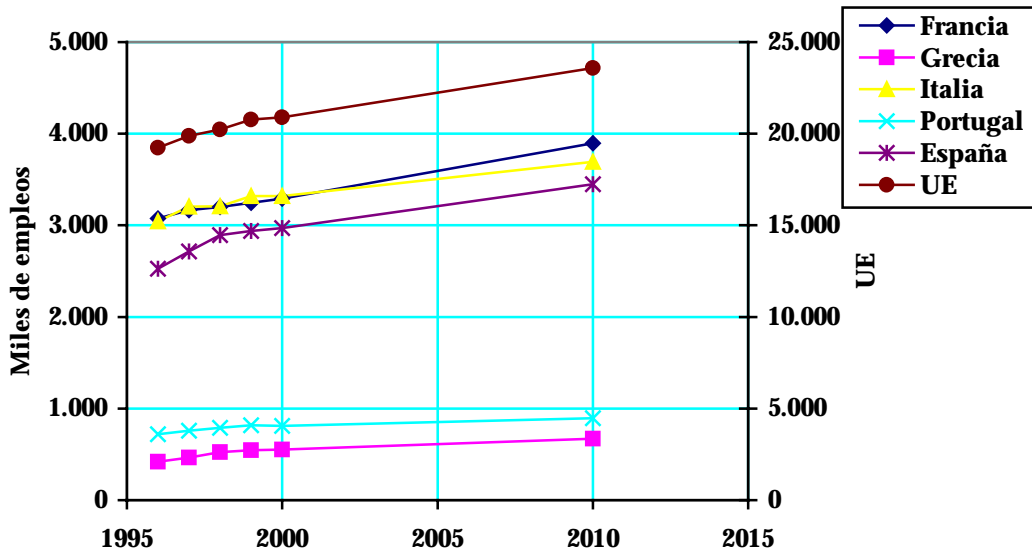


Figura 35. Evolucion del empleo (directo e indirecto) generado por el turismo y proyección al año 2010 (Fuente: WTTC, 2000)

La contribución del turismo al PIB en el año 2000 y las proyecciones efectuadas para el año 2010, se indican en la Figura 36. Mientras que para la UE la contribución del turismo en el conjunto del PIB se prevé que varíe desde el 12,6 % en el año 2000 hasta el 13,5 % en el 2010, en países como Grecia o España esta variación es del 16,3 % al 18,2 % y del 19,1% al 20,4%, respectivamente.

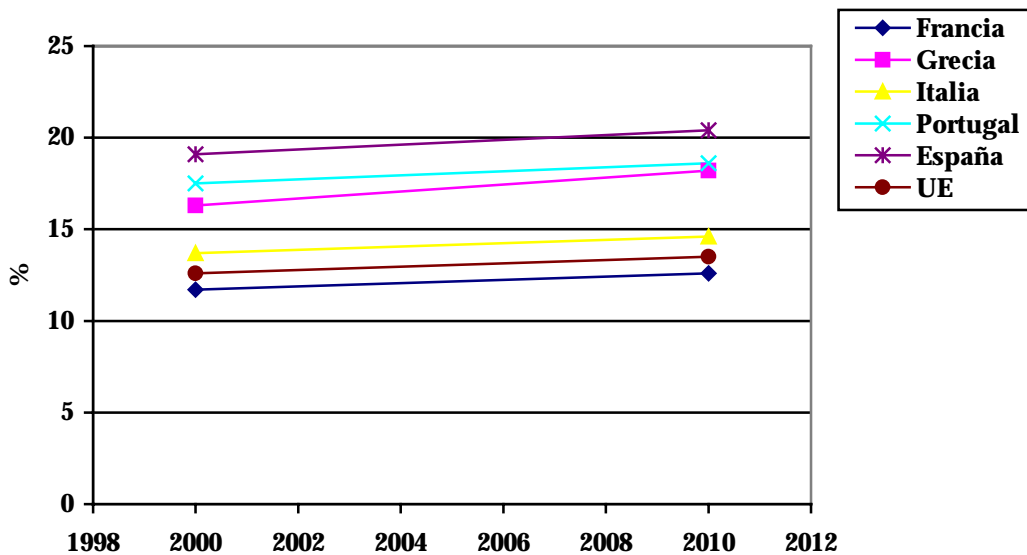


Figura 36. Contribucion del turismo al PIB en el año 2000 y proyección al 2010 (en % del total). (Fuente: WTTC, 2000)



Una proporción elevada del turismo de estos países tiene lugar en el arco litoral mediterráneo, cuya frecuencia durante la estación de verano se muestra en la Figura 37.

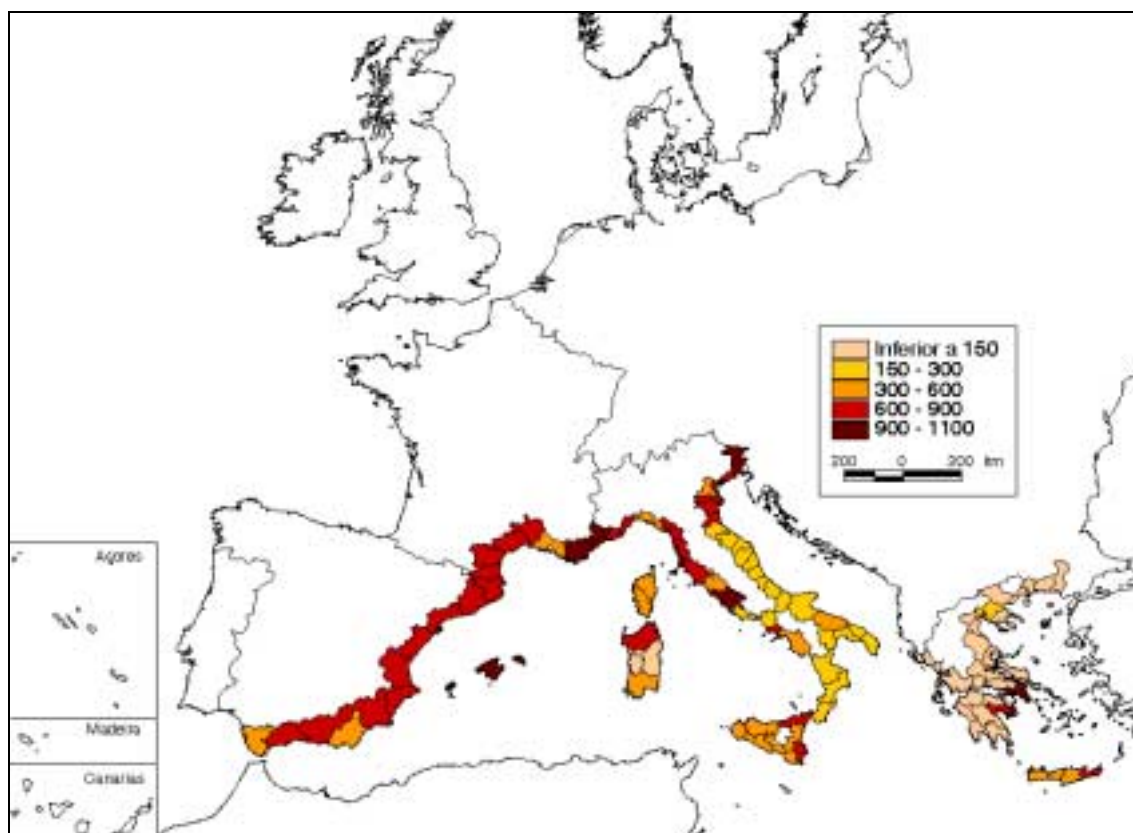


Figura 37. Frecuencia del turismo en el arco mediterráneo durante la estación del verano (en miles de turistas) para el año 1990. Fuente: EEA, 1999b

## 4 MARCO INSTITUCIONAL EN MATERIA DE AGUAS

### 4.1 La Unión Europea y los países mediterráneos

#### 4.1.1 *Desarrollo histórico, político e institucional de la UE*

El proceso de formación de la actual Unión Europea (UE) tiene su inicio formal con la firma del Tratado de París el 18 de abril de 1951 por seis Estados europeos (Bélgica, Francia, Alemania, Italia, Luxemburgo y Países Bajos) con el objeto de crear una Comunidad Económica del Carbón y del Acero (CECA). En 1952 los Seis firman en París el Tratado para la Defensa de la Comunidad Europea. Tres años más tarde estos países expresan formalmente su intención de unirse en un frente común económico más amplio que el derivado de la CECA, con lo que se abre un período de negociaciones intergubernamentales con el objeto de establecer el Mercado Común Europeo (CEE) y la Comunidad Europea para la Energía Atómica (Euratom). El final de estas negociaciones se

plasmó en la firma en Roma de ambos Tratados el 25 de marzo de 1957 por los seis Estados miembros, los cuales entran en vigor el 1 de enero de 1958.

Los demás países europeos también mostraban un enorme interés en el proceso de formación de la CEE. Consecuencia de ello, en enero de 1972 se incorporan Dinamarca, Irlanda y Reino Unido, quedando conformada la CEE con nueve Estados miembros. A mediados de los 70, Portugal, Grecia y España solicitan su adhesión a la CEE. El 1 de enero de 1981 Grecia se convierte en el décimo Estado Miembro de la CEE, y en 1986 se completa la Europa de los Doce con la adhesión de Portugal y España. Por otra parte, a finales de los 80 y comienzos de los 90, Turquía, Chipre, Malta, Suecia y Noruega solicitan su adhesión a la CEE. En 1987 se lleva a cabo una reforma sustancial de los Tratados de Roma, firmándose en febrero de 1987 el Acta Única en La Haya por los doce Estados miembros.

Conviene aquí mencionar la importancia que para el desarrollo político e institucional de la Unión Europea tiene la incorporación durante la década de los 80 de Grecia, Portugal y España, que hacen que se produzca un desplazamiento al Sur y hacia el mar Mediterráneo.

El 7 de febrero de 1992 se firma en Maastricht el Tratado de la Unión Europea que entra en vigor el 1 de enero de 1993. El Tratado de la Unión Europea constituye la modificación y la reunión en uno solo de los Tratados constitutivos de la CEE, la CECA y Euratom. El 1 de enero de 1995 Austria, Finlandia y Suecia se convierten en miembros de la Unión Europea, formándose la actual Europa de los Quince (Figura 38). Noruega rechaza en referéndum su adhesión en noviembre de 1994.

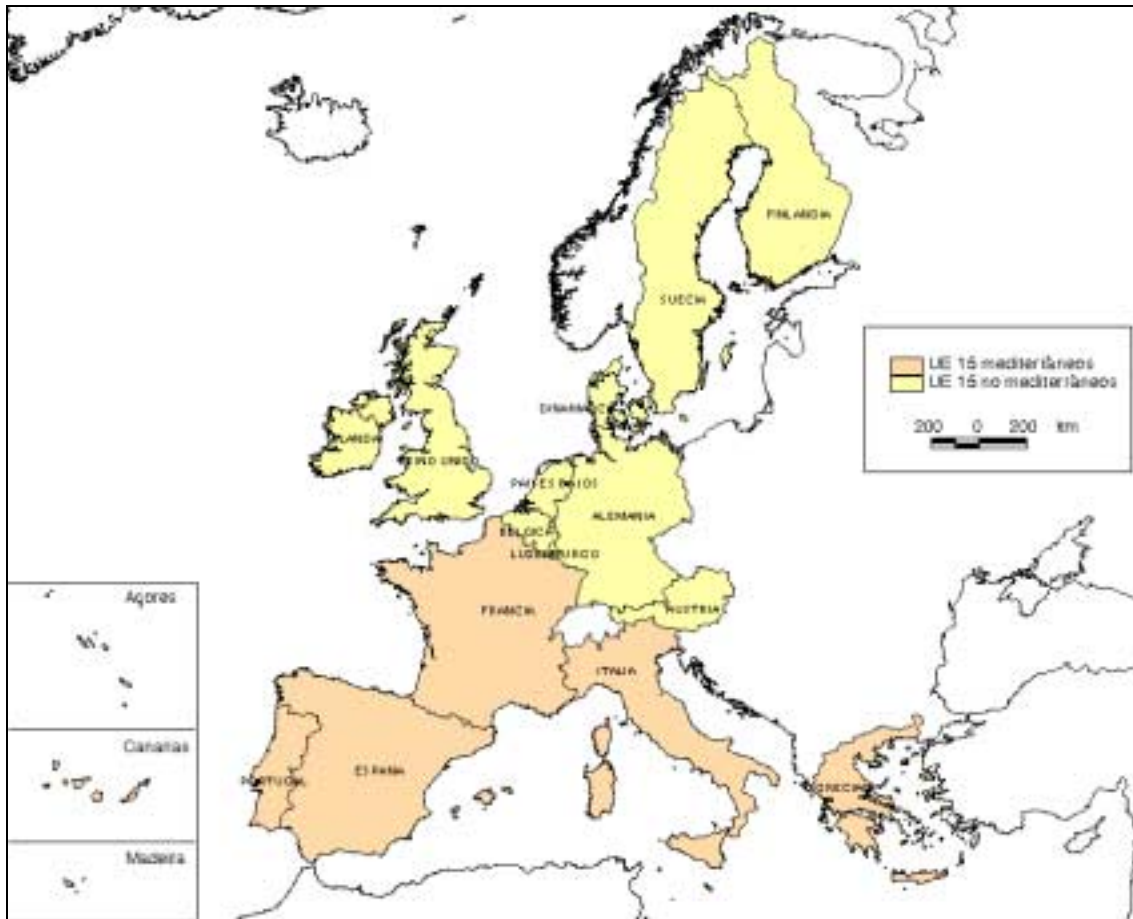


Figura 38. Mapa con los países de la Unión Europea (destacados en color oscuro los objeto del presente informe)

La evolución de la Unión Europea no sólo viene marcada por la ampliación de su extensión geográfica, sino también por su desarrollo político e institucional desde su fundación con los Tratados de Roma hasta nuestros días.

El art. 4 del Tratado de Roma, modificado posteriormente por el art. 6 del Tratado de la Unión Europea, establece que *la realización de las funciones asignadas a la Comunidad corresponderá a: un Parlamento, un Consejo, una Comisión, un Tribunal de Justicia y un Tribunal de Cuentas*. Otras instituciones que se constituyen por el Tratado de la Unión Europea y han sido añadidas a los Tratados fundadores son el Sistema Europeo de Bancos Centrales y un Banco Central Europeo.

El Parlamento Europeo es el órgano en el que están representados los ciudadanos de la Unión Europea. Las funciones principales del Parlamento Europeo son las siguientes: examinar las propuestas de la Comisión y asociarse con el Consejo al proceso legislativo; ejercer el poder de control sobre las actividades de la Unión por la investidura de la Comisión; compartir el poder presupuestario con el Consejo votando el presupuesto anual, haciéndolo ejecutorio por la firma del Presidente del Parlamento, y controlando su ejecución.

La Comisión Europea es una institución que tiene poderes de iniciativa, ejecución, gestión y control. El órgano colegiado de los Comisarios es asistido por una administración compuesta de Direcciones Generales y servicios especializados cuyo personal se distribuye principalmente entre Bruselas y Luxemburgo.

El Consejo de la Unión (Consejo de ministros o Consejo) es la principal institución decisoria de la Unión Europea. Reúne a los ministros de los quince Estados miembros competentes en la materia que figure en el orden del día: asuntos exteriores, agricultura, industria, transportes, etc. Las decisiones del Consejo se toman a partir de propuestas de la Comisión.

Como consecuencia de las reuniones mantenidas por la Conferencia Intergubernamental entre marzo de 1996 y junio de 1997, se propone una revisión de los Tratados en los que se fundamenta la Unión Europea, dando lugar a la firma del Tratado de Amsterdam de 2 de octubre de 1997. En este Tratado se consagra como uno de los objetivos fundamentales de la Comunidad Europea el logro de un desarrollo equilibrado y sostenible.

Los ejes en torno a los cuales están girando en la actualidad los objetivos principales de la Unión son:

- Aplicación de las disposiciones del Tratado de Amsterdam, que consisten en la ampliación de los derechos de los ciudadanos, libre circulación, empleo, consolidación de las instituciones.
- Ampliación de la UE a los países del Centro y Este europeos candidatos a la adhesión.
- Lanzamiento y consolidación del euro como moneda única de libre circulación.

Entre estos ejes de acción destaca la ampliación de la UE a los países del centro y este europeos candidatos a la adhesión (países candidatos). El proceso de adhesión a la Unión Europea se inició el 30 de marzo de 1998. El programa PHARE es actualmente el principal instrumento de cooperación técnica y financiera de la Unión Europea con los países candidatos. Actualmente, se están llevando a cabo negociaciones con los trece candidatos siguientes: Albania, Bosnia-Herzegovina, Bulgaria, la República Checa, Estonia, la antigua República Yugoslava de Macedonia, Hungría, Latvia, Lituania, Polonia, Rumanía, Eslovaquia y Eslovenia. La situación en el sector del medio ambiente de estos países se encuentra muy deteriorada, con lo que su adhesión, desde este punto de vista, supone un reto de una magnitud que no puede compararse a las anteriores adhesiones. Los países candidatos deberán incorporar el acervo comunitario en su legislación. Puesto que es necesario movilizar gran cantidad de recursos y adaptar las instituciones en muchos casos, este proceso sólo podrá realizarse a largo plazo (Scadplus, 2000a).

Finalmente, cabe mencionar que el 1 de enero de 1999 entraron a formar parte de la Unión Económica y Monetaria (UEM) los siguientes 11 países: Alemania, Austria, Bélgica, España, Finlandia, Francia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, los Países Bajos y Portugal.

#### *4.1.2 La organización político-administrativa y territorial de los países mediterráneos pertenecientes a la UE*

La pertenencia a la UE implica que la organización político-administrativa y territorial de los países objeto del presente documento sea bastante similar. A continuación se describe esta organización brevemente, haciendo un especial hincapié en aquellos aspectos más relacionados con el medio ambiente hídrico.

##### Portugal

Portugal es un Estado unitario cuya forma de gobierno es la República. Las únicas regiones autónomas con estatutos y gobierno propio son los archipiélagos de Azores y Madeira.

Los órganos de soberanía de la Nación son: el Presidente de la República, la Asamblea de la República, el Gobierno y los Tribunales. El Presidente de la República representa a la República Portuguesa y resulta garante del regular funcionamiento de las instituciones. El Gobierno es el órgano superior de la Administración, y es su responsabilidad el fijar las directrices de la política general de la Nación. Entre los órganos del gobierno se encuentran el Primer Ministro y los Ministros.

La organización político - administrativa del país se estructura de la siguiente manera:

- Administración central, con el Presidente del Gobierno a la cabeza del poder ejecutivo. La Asamblea constituye el poder legislativo y, desde el punto de vista medioambiental, tiene competencias reservadas exclusivamente y otras que no le son exclusivas, como la definición y régimen de los bienes de dominio público y el establecimiento de bases para la protección de la naturaleza.
- Las Comisiones de Coordinación Regional (CCR), que aunque sin capacidad política, tienen amplias competencias administrativas en cuanto que son órganos de la Administración descentralizada del Estado.
- Administración local, las llamadas *autarquías* locales son las *fregesias* más las cámaras municipales.

Los archipiélagos de Azores y Madeira están dotados de sus propios estatutos de autonomía y tienen transferidas las competencias relativas a medio ambiente y recursos hídricos.

## España

La forma política del Estado español es la Monarquía parlamentaria, con separación de los poderes legislativo, ejecutivo y judicial. El poder ejecutivo está desempeñado por el Gobierno y la Administración, siendo esta última el instrumento para llevar a la práctica las medidas que el Gobierno adopta.

En la Constitución Española de 1978 queda configurada la organización político - administrativa y territorial de la Nación, dentro del llamado Estado de las Autonomías. De esta manera la Nación se estructura en tres niveles políticos y territoriales: el Gobierno Central, las 17 Comunidades Autónomas (CCAA) más las 2 Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla, y los Entes Locales o Administración Local.

A continuación se realiza un breve esbozo de la organización administrativa del país, en sus tres niveles:

- Administración Central del Estado: Sus órganos principales los constituyen el Presidente del Gobierno y los Ministros, estando a la cabeza de ellos y de la Nación el Rey, como Jefe del Estado.
- Administración de las CCAA: En cada CCAA existe un gobierno autonómico encabezado por el Presidente, siendo las Consejerías las responsables de ejecutar la legislación autonómica en cada una de sus competencias, teniendo un Consejero al frente de las mismas.
- Administración Local: El gobierno de los municipios se ejerce a través del Ayuntamiento, con el Alcalde a la cabeza y los distintos concejales responsables de las distintas competencias municipales.

Un elemento de decisiva importancia en la configuración del actual marco institucional español es el de la nueva organización territorial resultante del Estado de las Autonomías. Esta organización ha planteado nuevos problemas jurídicos en cuanto a las competencias en materia de aguas. El desarrollo legislativo y la adaptación, interpretación y progresiva depuración del cuerpo legal a la luz del texto constitucional, ha ido configurando una compleja realidad en la que tanto el Gobierno central como el de las 17 comunidades autónomas disponen de importantes poderes y asumen responsabilidades compartidas en materias ambientales y de gestión de recursos, asuntos sobre los que también incide la competencia municipal (MIMAM, 1998).

El artículo 149.1.22a de la Constitución reserva al Estado la competencia exclusiva en materia de *legislación, ordenación y concesión de recursos y aprovechamientos hidráulicos cuando las aguas discurran por más de una Comunidad Autónoma*, mientras que, de acuerdo con lo previsto por el artículo 148.1.10ª, las Comunidades Autónomas pueden asumir competencias sobre *los proyectos, construcción y explotación de los aprovechamientos hidráulicos, canales y regadíos de interés de la Comunidad Autónoma; las aguas minerales y termales*.

El complejo entramado competencial existente ha sido clarificado por la Ley de Aguas. Así, se realiza la distinción entre cuencas intercomunitarias y cuencas intracomunitarias, estas últimas objeto de la competencia autonómica -si así la han asumido en sus Estatutos-, que comprende la facultad de legislar sobre los aprovechamientos de las aguas públicas en las cuencas intracomunitarias (MIMAM, 1998).

### Francia

Francia es una República, con separación formal de los poderes legislativo, ejecutivo y judicial, regida por un sistema de poder básicamente centralizado, aunque en 1983 se promulgaron un conjunto de leyes de descentralización que repartieron competencias entre los distintos niveles territoriales: municipios, departamentos y regiones. La soberanía reside en dos entidades: el Estado central, que representa a la Nación, y los municipios, que representan a las asambleas locales. A pesar del poder político del que tradicionalmente han venido gozando estas últimas instituciones, la centralización impone severas restricciones al gobierno de las Entidades Locales, particularmente en materia económica, debido al principio de igualdad que debe regir entre los ciudadanos.

El poder ejecutivo está desempeñado por el Gobierno y la Administración, siendo esta última el instrumento para llevar a la práctica las medidas que el Gobierno adopta a través de los distintos Ministerios.

Territorialmente los municipios se agrupan en 95 departamentos, que a su vez se agrupan en 22 regiones. A la cabeza de cada departamento se encuentra un Delegado del gobierno Central (prefecto).

Las leyes de descentralización de 1983 pretenden realizar una separación de las competencias entre los tres niveles administrativos, con el fin de minimizar la necesidad de coordinación de políticas entre éstos. Por ejemplo, las Entidades locales tienen cedidas competencias sobre planificación y urbanismo, los departamentos sobre acción social y las regiones sobre universidades, siendo competencia del Gobierno Central la salud pública. A pesar de este sistema de cesión de competencias, siempre es necesario un esfuerzo de coordinación entre los distintos niveles.

### Italia

Italia es una República con separación formal de los poderes legislativo, ejecutivo y judicial, con un sistema de gobierno descentralizado. El Presidente de la República representa la unidad política de la nación, siendo garante de los poderes constitucionales. En el gobierno central de la nación recae el poder

ejecutivo, desarrollando las medidas contempladas por las leyes y decisiones políticas previo consentimiento de las cámaras parlamentarias.

La organización administrativa del Estado italiano queda configurado a tres niveles: el Estado Central, las 20 Regiones y los Entes Locales. A continuación se realiza un breve esbozo de esta organización:

- La Administración Central: El gobierno central ejecuta las líneas maestras de la política general del Estado, siendo sus órganos fundamentales el Consejo de Ministros con su Presidente a la cabeza.
- La Administración Regional: De las 20 Regiones Italianas, 5 de ellas tienen una autonomía considerada como especial. Cada Región tiene un Estatuto por el cual se definen los órganos, la organización y las relaciones de cada Región. Las competencias transferidas a cada una se definen constitucionalmente. Las competencias de las 5 Regiones con autonomía especial las definen sus respectivos estatutos.
- La Administración Local: Sobre los municipios recaen las competencias en materia de ordenación del territorio, servicios sociales y desarrollo económico local. Sus tamaños varían enormemente, desde áreas metropolitanas como las de Milán a pequeños pueblos con unos cientos de habitantes. Sus órganos son el Consejo o Asamblea y la Junta Municipal con el alcalde a la cabeza.

La Constitución no define explícitamente ninguna competencia en materia de recursos hídricos o de medio ambiente. Sin embargo, en su art. 9 asigna a la República la tutela del paisaje de la Nación, así como el desarrollo científico y técnico. Constitucionalmente, las regiones tienen competencias sobre urbanismo y pesca fluvial. El desarrollo legislativo ha ido adaptando en el tiempo las distintas competencias asignadas a las administraciones en materia de recursos hídricos, siendo actualmente necesaria la cooperación de las administraciones central y regional en el marco de la gestión de los mismos.

## Grecia

Grecia es una República soberana con un gobierno parlamentario presidencial, con una separación formal de los poderes legislativo, ejecutivo y judicial. El Presidente de la República es cabeza del Estado y garante de los poderes constitucionales.

La administración del Estado se organiza según un sistema descentralizado.

Grecia está dividida en trece regiones, subdivididas a su vez en 51 departamentos o prefecturas (*nomoi*) y 1 región autónoma, Monte Athos. Cada prefectura es administrada por el Consejo de la Prefectura, el Prefecto y los Comités de la Prefectura.



Los departamentos o prefecturas se dividen en 147 provincias, que a su vez se dividen en 272 municipalidades. Éstas se dividen en comunidades y finalmente, en localidades. Los municipios son administrados por un alcalde y un consejo de la ciudad, y las comunidades por un presidente y un consejo comunitario.

Los servicios centrales proporcionan guías generales, coordinan y supervisan los órganos regionales, mientras que éstos tienen un control efectivo sobre asuntos que conciernen a sus respectivas regiones.

La administración de los asuntos más locales se lleva a cabo por los municipios y comunidades, que tienen competencias en materia de construcción, mantenimiento y operación de sistemas de riego, parques y jardines, carreteras locales, etc, y que disponen de un sistema de tasas propio.

## **4.2 El actual marco normativo**

### *4.2.1 El Tratado de la Unión Europea y el medio ambiente hídrico*

Los aspectos relacionados con los recursos hídricos, tanto desde el punto de vista de la calidad como de la cantidad, han sido abordados por el marco normativo de la Unión Europea dentro de las iniciativas medioambientales, en particular desde el año 1987 en que se firma el Acta Única en La Haya.

Los Tratados de Roma de 1957 ofrecían un marco para la creación de una unión aduanera entre los países firmantes, lo que se traducía en el reconocimiento de las libertades fundamentales de libre circulación de personas, productos, servicios y capitales entre los Estados miembros. Para la consecución de tales objetivos se impulsaron básicamente las políticas comunes de agricultura (PAC), transportes y de la competencia.

En 1987 se lleva a cabo una reforma sustancial de los Tratados de Roma, firmándose en febrero de 1987 el Acta Única en La Haya por los doce Estados miembros. En este nuevo texto se refuerzan las políticas existentes y surgen nuevas políticas de medio ambiente, de cooperación industrial y de cohesión social. Para ésta última se lleva a cabo una reforma de los fondos estructurales, encaminados a corregir el desequilibrio socio - económico entre las regiones.

Con la entrada en vigor del Tratado de la Unión Europea en 1993 se introduce el concepto de *crecimiento sostenible respetuoso con el medio ambiente*. Además las medidas medioambientales se elevan a la categoría de políticas, en vez de constituir simples acciones o iniciativas comunitarias. Se destaca la necesidad de:

- ❑ una política común en los ámbitos de la agricultura y de la pesca;
- ❑ el fortalecimiento de la cohesión económica y social;
- ❑ el desarrollo de una política de medio ambiente;

- ❑ el fortalecimiento de la competitividad de la industria de la Comunidad;
- ❑ el fomento de la investigación y del desarrollo tecnológico;
- ❑ una contribución al logro de un alto nivel de protección de la salud;
- ❑ una política en el ámbito de la cooperación al desarrollo.

El Título XVI se dedica específicamente a la política de medio ambiente de la Unión, cuya finalidad es la consecución de los siguientes objetivos (art. 130 R<sup>9</sup>):

- ❑ la conservación, la protección y la mejora de la calidad del medio ambiente;
- ❑ la protección de la salud y de las personas;
- ❑ la utilización prudente y racional de los recursos naturales;
- ❑ el fomento de medidas a escala internacional destinadas a hacer frente a los problemas regionales o mundiales del medio ambiente.

Las políticas y líneas de acción encaminadas a la consecución de tales objetivos se basan en *los principios de cautela y de acción preventiva, en el principio de corrección de las agresiones al medio ambiente, preferentemente en la fuente misma, y en el principio de quien contamina paga.*

En lo concerniente a otros ámbitos relacionados con el medio ambiente y el agua, se pueden extraer del Tratado de la Unión Europea las siguientes líneas de acción:

- ❑ En cuanto a la industria, la política de la UE se encamina hacia la mejora del aprovechamiento del potencial industrial de las políticas de innovación, de investigación y de desarrollo tecnológico (art. 130 ).
- ❑ En cuanto a la cohesión económica y social, la UE trata de reducir, en pos de la integración europea, las diferencias entre los niveles de desarrollo de las diversas regiones. Se destinan el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) para la corrección de los desequilibrios regionales (art. 130 C), y el Fondo de Cohesión (art. 130 D) – desde 1993 – para contribuir a proyectos en el sector de medio ambiente <sup>10</sup> .
- ❑ En el ámbito de la investigación y desarrollo tecnológico, el Consejo establece un programa marco plurianual, que fija los objetivos científicos y tecnológicos para el cumplimiento de las acciones previstas en dicho programa.
- ❑ Entre otros principios de carácter diverso presentes en el Tratado de la Unión Europea se encuentran: la óptima utilización de datos científicos y

---

<sup>9</sup> Los artículos se citan de acuerdo a la redacción del Tratado de la Unión Europea (TUE) de 1993, anterior al actual Tratado de Amsterdam de 1997.

art. 130R del Tratado CE (TUE, 1993), actualmente art. 174 CE (Amsterdam, 1997)

art. 130 del Tratado CE (TUE, 1993), actualmente art. 157 CE (Amsterdam, 1997).

art. 130 C del Tratado CE(TUE, 1993), actualmente art. 160 CE (Amsterdam, 1997).

art. 130 D del Tratado CE(TUE, 1993), actualmente art. 161 CE (Amsterdam, 1997), tras su modificación.

art. 100 del Tratado CE(TUE, 1993), actualmente art. 94 CE (Amsterdam, 1997).

<sup>10</sup> También contribuye a proyectos en el desarrollo de las redes transeuropeas en materia de infraestructura del transporte

técnicos disponibles; la utilización de métodos de evaluación costes/beneficios para la toma de decisiones y la cooperación internacional.

Las Directivas son las herramientas de que dispone el Consejo para conseguir la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros (art. 100). Para elaborar las directivas, la Comisión se basa en un nivel de protección elevado en lo que se refiere a la aproximación de legislaciones en materia de salud y medio ambiente.

En general, la implementación de las medidas comunitarias, en lo que a financiación y ejecución se refiere, estará a cargo de los Estados miembros. Sin embargo, cuando las autoridades de un Estado prevean un coste desproporcionado en la adopción de alguna de las medidas, el Consejo podrá establecer excepciones de carácter temporal, o bien apoyo financiero con cargo al Fondo de Cohesión.

El Tratado de Amsterdam de 2 de octubre de 1997 propone una revisión de los Tratados en los que se fundamenta la Unión Europea y pretende consolidar las garantías actuales de protección medioambiental que ofrecen el Acta Única y el Tratado de la Unión Europea mediante la inserción del concepto de desarrollo sostenible y la adición de un nuevo artículo en el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea. El nuevo artículo 6 presenta la cláusula que impone la integración de los requisitos de protección medioambiental en la definición y aplicación de otras políticas, que ya figura en el artículo 174 (antiguo artículo 130R). También se menciona que esa integración es una forma de fomentar el desarrollo sostenible (Scadplus, 2000b).

#### *4.2.2 La convergencia europea*

El proceso político - económico de la convergencia europea reviste una importancia de tal magnitud que sus efectos inciden también, tanto de forma directa como indirecta, sobre las políticas del agua. Por tanto, parece necesario al menos señalar los aspectos básicos de este nuevo marco, y apuntar lo que puede comportar para las políticas del agua de los distintos países en el futuro inmediato.

El cumplimiento de los criterios de convergencia fijados en el Tratado de la Unión de Maastricht, no es un fin en sí mismo, sino que es el instrumento que la UE ha elegido, dada la diferente situación de las economías de los Estados miembros, para afrontar con ciertas garantías de éxito la Unión Económica y Monetaria (UEM) y, fundamentalmente, el período posterior.

La apuesta realizada en Maastricht de crear las necesarias condiciones de estabilidad macroeconómica (convergencia nominal) debe sentar las bases para

conducir a la convergencia real de las economías de los países miembros (cifrada en renta por habitante).

Sin posibilidad de recurrir a la política monetaria ni a la política cambiaria y con la previsible necesidad de llegar a alguna armonización entre las políticas fiscales de los distintos países, parece evidente que los Estados se verán obligados a reorientar su papel hacia otro tipo de acciones, fundamentalmente dirigidas a favorecer la eficiencia en las actividades productivas y en la utilización de los recursos (MIMAM, 1998).

También conviene mencionar que no todos los países, ni, dentro de éstos, todas las regiones, se encuentran en una misma situación económica y aunque el proceso de convergencia que se ha producido en los últimos años ha sido muy importante, las políticas de redistribución y de desarrollo territorial equilibrado siguen siendo elementos clave de la política comunitaria. A este respecto cabe mencionar la importancia que dentro del presupuesto comunitario tienen los Fondos Estructurales y de Cohesión.

Aunque en esta nueva etapa el impulso inversor del sector público deberá seguir siendo importante, la tendencia hacia el equilibrio presupuestario y, en general, el deseable rigor en el control de las finanzas públicas de la UE, permiten anticipar que el margen de actuación para la inversión pública se verá limitado por un lado y condicionado por otro hacia el cumplimiento de los objetivos macroeconómicos impuestos.

Entre las inversiones públicas destaca el papel de las infraestructuras, por los efectos multiplicadores positivos que comportan en la productividad de las inversiones privadas. La cuestión ahora es determinar qué tipo de infraestructuras cumplen mejor esta función. Hay que tener en cuenta, no obstante, que en materia hidráulica puede haber también otras inversiones que presenten efectos tan relevantes como las infraestructuras (restauración hidrológica forestal, por ejemplo).

Es evidente el reto al que, condicionadas por la convergencia europea y por la necesidad intrínseca de contención del gasto, se enfrentan las nuevas políticas hidráulicas para los próximos años.

Si se observa la totalidad de las infraestructuras hidráulicas existentes, puede afirmarse que los efectos positivos derivados de ellas, aun siendo muy importantes en algunos casos, no son siempre tan valorados como los correspondientes a otro tipo de infraestructuras como las de transporte y comunicaciones.

El importante patrimonio hidráulico acumulado a lo largo de la historia por los países objeto de este estudio encuentra su justificación, en gran parte, en su localización mediterránea, con las diferencias hidrológicas (alta irregularidad

hídrica) y económicas (importancia del sector agrícola) que este hecho impone respecto a los países de Europa Central. Estas circunstancias, que suponen una evidente desventaja comparativa respecto a esos otros países, comporta unos fuertes costes diferenciales para las economías nacionales en su conjunto y para los sectores que basan su actividad en la utilización de los recursos hídricos en particular.

#### 4.2.3 *Las directivas comunitarias y la Directiva Marco de Agua.*

A mediados de los años setenta se promulgaron cinco directivas sobre el agua en las que se reflejaban los objetivos de calidad en función de los usos finales a los que se destinaba. Tal es el caso de la *calidad de aguas de baño, aguas prepotables, desarrollo de vida piscícola, cría de moluscos y consumo humano*. Más tarde, se aprobaron también dos Directivas en las que, por primera vez, se hablaba del control de las emisiones contaminantes al medio hídrico: la referente a la *contaminación causada por las sustancias tóxicas y peligrosas* y la que trata sobre la *protección de aguas subterráneas*. A principios de los noventa surgieron otras Directivas como la relativa al *tratamiento de las aguas residuales urbanas* y la Directiva referente a la *protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos*, aplicable a las aguas superficiales y subterráneas.

En los últimos años la Unión Europea ha venido elaborando una propuesta de Directiva Marco de Aguas que tiene, por un lado, un carácter integrador, pues engloba bajo una sola entidad jurídica toda la normativa de agua que se encontraba dispersa y, por otro, un marcado espíritu innovador, pues propone la derogación de directivas obsoletas y su sustitución por otras más.

La Directiva Marco del Agua responde a una petición formulada en junio de 1995 por la Comisión de Medio Ambiente del Parlamento Europeo y por el Consejo, para que se llevase a cabo una revisión a fondo de la política de aguas de la Comunidad. En consecuencia, en 1997 fue publicada por la Comisión la Propuesta de Directiva, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de las aguas. Desde esa fecha hasta la actualidad se han realizado diferentes propuestas de la Comisión Europea (COM(97) 49 final, COM(97) 614 final, COM(98) 0076 y COM(1999) 271 final), la Posición Común del Consejo (DOCE, 1999) y el dictamen de la Comisión sobre la posición común (SEC(1999) 1706) del 25 de octubre. La última modificación de la propuesta data de junio de 2000 (COM(2000) 219 final).

Esta directiva busca definir un marco legislativo coherente, efectivo y transparente en la Comunidad y garantizar la coordinación, la integración, y a más largo plazo, la adaptación de las estructuras y los principios generales de protección y uso sostenible del agua, de conformidad con el *principio de subsidiariedad*.

El objeto de la Directiva Marco del Agua es establecer un marco para la protección de las aguas, que prevenga todo deterioro adicional y proteja el estado de los ecosistemas acuáticos y terrestres y humedales dependientes de ellos, que promueva un uso sostenible, basado en la protección a largo plazo de los recursos disponibles, que sirva para paliar los efectos de las sequías e inundaciones y que contribuya de esta forma a garantizar el suministro suficiente, la protección de las aguas y el logro de los objetivos de los acuerdos internacionales.

En determinados casos estará justificada la exención del cumplimiento de los requisitos de la Directiva Marco si su incumplimiento se debe a circunstancias imprevistas o excepcionales, en particular inundaciones o sequías, o a que lo exija un interés público superior, a condición de que se adopten las medidas posibles para mejorar el estado de las aguas.

La Directiva Marco introduce el concepto de demarcación hidrográfica, que estará formada por una o más cuencas hidrográficas y que podrá tener carácter internacional. Incluye las aguas costeras dentro de las masas de agua que forman parte de las demarcaciones hidrográficas, al decir que *las masas de agua superficial dentro de una demarcación hidrográfica se clasificarán en uno de los tipos de aguas superficiales –ríos, lagos, aguas de transición, aguas costeras- o como masa de agua superficial artificial o como masa de agua superficial muy modificada.*

Los Estados miembros velarán por que se elabore un plan hidrológico de cuenca para cada demarcación hidrográfica situada totalmente en su territorio. En el caso de una demarcación internacional, los Estados miembros garantizarán la coordinación para elaborar un único plan hidrológico de cuenca. Si éste no se elabora al menos harán uno que afecte a la parte de la demarcación hidrográfica situada dentro de su territorio. Los planes hidrológicos tendrán como objeto el conseguir los objetivos ambientales definidos en la Directiva Marco y deberán publicarse en un plazo de 9 años desde su entrada en vigor. Posteriormente se procederá a su revisión cada 6 años.

En cuanto a los objetivos ambientales, los Estados miembros tratarán de buscar lo que la Directiva Marco denomina el *buen estado de las aguas*, que *en el caso de las aguas superficiales significa el buen estado ecológico y químico de éstas y en el caso de las subterráneas el buen estado cuantitativo (equilibrio entre extracción y alimentación) y químico.* La Directiva Marco establece un plazo de 15 años desde su entrada en vigor para alcanzar ese buen estado de las aguas. Según Barreira y Sánchez Ulloa (2000) con un periodo de tiempo tan extenso deberían establecerse objetivos intermedios y así ir alcanzando progresivamente algunas de las metas.

En la propuesta de la Directiva Marco de junio de 2000, se realiza una especificación más estricta de los objetivos ambientales que en anteriores versiones. Además se exige la reducción continua de los vertidos, las emisiones

y las pérdidas, un año después de la adopción de la lista de sustancias prioritarias.

Con la aplicación de esta Directiva se pretende alcanzar un nivel de protección equivalente, como mínimo, al previsto por determinadas disposiciones ya existentes. En consecuencia, se contemplan una serie de derogaciones de anteriores actos. A los 7 años después de la entrada en vigor de la Directiva Marco del Agua deberán quedar derogados los siguientes actos: Directiva 75/440 sobre producción de agua potable, Directiva 77/795 sobre intercambio de información sobre calidad de las aguas superficiales y Directiva 79/869 sobre métodos de medición y frecuencia de muestreo y análisis de aguas superficiales destinadas a aguas potables. En un plazo más largo, 13 años, deberán quedar derogadas la Directiva 78/659 sobre aptitud de la vida piscícola, la Directiva 79/923 sobre calidad exigida para la cría de moluscos y la Directiva 76/464 sobre el control de la contaminación causado por determinadas sustancias peligrosas.

#### 4.2.4 *Legislaciones nacionales.*

Aunque en un futuro muy próximo la Directiva Marco de Aguas va a definir muchas de las principales líneas de actuación en materia de aguas en los países de la UE, en la actualidad existen normativas diferentes en cada país, no siempre coincidentes entre sí. Por esta razón conviene revisar brevemente sus contenidos más significativos y proceder a su análisis comparativo.

##### Portugal

En la Constitución Portuguesa de 1976 se reconoce como uno de los cometidos fundamentales del Estado el de *defender la naturaleza y el medio ambiente, preservar los recursos naturales y asegurar un correcto ordenamiento del territorio* (art. 9.e). Entre los derechos y deberes sociales se reconoce el *derecho al medio ambiente y calidad de vida* (art. 66 CP). Para asegurar estos derechos dentro de un marco de desarrollo sostenible, es competencia del Estado en lo que en materia de recursos hídricos se refiere y a través de los organismos adecuados, el prevenir y controlar la contaminación y sus efectos, el promover el aprovechamiento racional de los recursos naturales, salvaguardando su capacidad de renovación y la estabilidad ecológica y el promover la calidad ambiental de las poblaciones.

En cuanto a la gestión de los recursos se refiere, la Constitución declara bienes de dominio público los lagos, las lagunas, los cursos de agua navegables o fluviales y sus respectivos lechos. Por ley se definen asimismo los bienes que son del dominio público del Estado, de las regiones autónomas y de los Entes locales, así como su régimen, condiciones de utilización y límites (art. 84 CP).

La ley básica en materia de derecho de Aguas en Portugal es la Ley Marco de Medio Ambiente, donde se definen los componentes del dominio público hidráulico.

Conviene sin embargo mencionar que la Ley de Aguas de 1919 todavía sigue vigente en algunos artículos y por ejemplo su artículo 1 define lo que son aguas públicas y privadas. Establece que son aguas de dominio privado las aguas subterráneas y las aguas superficiales generadas en la parcela del propietario. Las aguas superficiales que salen de la parcela pasan a integrar el dominio público hídrico (Serra, 2000).

Las normas anteriores se han completado recientemente, en 1994, con el siguiente conjunto de Decretos Leyes (Serra, 2000):

- Decreto Ley 45/94 sobre recursos de agua y procedimientos de aprobación de los Planes de Cuenca. Este decreto establece que la Administración tiene la obligación de elaborar los Planes de cuenca hidrográfica y el Plan Nacional del Agua y crear los Consejos de cuenca y el Consejo Nacional del Agua, confiriendo fuerza de ley a estos instrumentos de planificación para todos los efectos. El mismo decreto prevé la caracterización cuantitativa y cualitativa de los recursos superficiales y subterráneos, así como un inventario y análisis de los usos de los recursos hídricos, incluyendo las fuentes contaminantes y su caracterización.
- Decreto ley 46/94, que regula las concesiones para la utilización del dominio hídrico (público y privado, pues también este último puede ser objeto de utilización con una autorización de la Dirección Regional del Medio Ambiente y Ordenación del Territorio competente) e introduce las concesiones a un plazo de tiempo limitado para todo tipo de utilización del dominio hídrico (captaciones de agua, vertidos de aguas residuales, construcción de infraestructuras hidráulicas, limpieza de cauces, extracción de áridos, construcciones de todo tipo, etc).
- Decreto ley 47/94 relativo al régimen económico y financiero de la utilización del dominio público hídrico, que introduce un régimen de tasas de utilización.

También conviene mencionar que el Decreto ley 236/98 transpone al derecho interno de Portugal las directivas comunitarias más importantes para el sector del agua (aguas pre-potables, aguas piscícolas, aguas para consumo humano, sustancias peligrosas, etc).

Los principios básicos de la política del agua en Portugal, extraídos de toda la normativa existente son (Serra, 1999):

- Cautela (los estudios de impacto ambiental preceden a la aprobación de los proyectos).



- ❑ Prevención (el Decreto Ley 46/94 impone la concesión previa al uso del agua).
- ❑ Integración (Plan Director de Política Ambiental y Decreto Ley 45/94 sobre Planificación de Recursos Hídricos).
- ❑ El que contamina paga y el usuario paga (Decreto Ley 47/94).
- ❑ Subsidiariedad (Direcciones Regionales para el medio ambiente y Ordenación del Territorio).
- ❑ Solidaridad nacional (Decreto Ley 45/94).
- ❑ Participación (Decreto Ley 45/94 y Consejos de Cuenca).
- ❑ Subordinación del interés privado al público.

## España

La *Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas*, es el texto básico regulador de la materia y a ella se le van a dedicar los párrafos siguientes.

En su Título preliminar, se recoge principalmente *el objeto* de la ley como *la regulación del dominio público hidráulico, del uso del agua y del ejercicio de las competencias atribuidas al Estado .....* También se resuelve el problema de *la demanialidad de las aguas superficiales y subterráneas* al declararse que *las aguas continentales superficiales, así como las subterráneas renovables, integradas todas ellas en el ciclo hidrológico, constituyen un recurso unitario, subordinado al interés general, que forma parte del dominio público estatal como dominio público hidráulico* (art. 1.2).

En el Título I de la ley se definen los elementos integrantes del dominio público del Estado, en el que aparecen incluidas las aguas subterráneas. El Título Segundo, al hablar de los principios generales que deben regir la Administración pública del agua, establece las funciones que corresponden al Estado: la planificación hidrológica, la adopción de las medidas precisas para el cumplimiento de los acuerdos y convenios internacionales en materia de agua, el otorgamiento de concesiones en cuencas intercomunitarias, la tutela del dominio público hidráulico, etc

La ley regula sólo las competencias del Estado y dispone que *en las cuencas hidrográficas que excedan el ámbito territorial de una Comunidad Autónoma se constituirán Organismos de cuenca con las funciones y cometidos que se regulan en esta Ley* (art. 19). Estos Organismos se denominan Confederaciones Hidrográficas y son entidades de derecho público con personalidad jurídica propia y distinta de la del Estado.

En la actualidad las competencias sobre el agua en las Cuencas Internas de Cataluña, en las Cuencas Internas del País Vasco, en Galicia Costa y en los territorios insulares de Baleares y Canarias, dependen de las Administraciones Hidráulicas de sus Gobiernos Autonómicos. La cuenca del Sur de España, cuyo territorio pertenece a la Comunidad Autónoma de Andalucía, no ha sido aún transferida.

El Título III trata sobre *la planificación hidrológica* y el Título IV recoge la utilización del dominio público hidráulico.

El Título V de la Ley española de Aguas de 1985 está dedicado a la protección del dominio público hidráulico y la calidad de las aguas y define, en su Artículo 84, los que se convierten desde entonces en objetivos fundamentales: *conseguir y mantener un adecuado nivel de calidad de las aguas, impedir la acumulación de compuestos tóxicos o peligrosos en el subsuelo, capaces de contaminar las aguas subterráneas y evitar cualquier otra actuación que pueda ser causa de su degradación.* Finalmente, encomienda a la Administración hidráulica competente *la policía de las aguas superficiales y subterráneas y de sus cauces y depósitos naturales, zonas de servidumbre y perímetros de protección.*

En el Título VI se regula el régimen económico-financiero del dominio público hidráulico. Esta regulación prácticamente tomada de disposiciones anteriores, mantiene la gratuidad básica del agua. En el Título VII se regula el régimen de infracciones y sanciones así como la competencia de los Tribunales en dicha materia. Por último, cabe señalar que en las disposiciones transitorias y adicionales se procura dar soluciones a los problemas que el cambio de normativa lleva consigo, especialmente al complejo y discutido asunto del régimen de las aguas que eran de titularidad privada (aguas subterráneas) a la entrada en vigor de la ley.

En la Ley 46/1999 de 13 de diciembre, que modifica la Ley 29/1985 de Aguas, se contemplan, entre otros aspectos: nuevas realidades como la desalación o reutilización; se resalta la dimensión medioambiental de los recursos hídricos mediante nuevos conceptos, como el de buen estado ecológico; se refuerza las políticas de ahorro y la transparencia mediante mediciones de consumos y fijación de los consumos de referencia; se facilita la aplicación real del régimen económico-financiero; se promueven las competencias y funciones de las Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas; se refuerzan las competencias de los órganos participativos de las Confederaciones Hidrográficas y se adecuan los sistemas de adquisición de derechos privativos al uso del agua a la situación actual de un recurso escaso que no es capaz de atender una demanda ilimitada.

## Francia

El marco legal en Francia está representado fundamentalmente por la *Ley 3/92 de 3 de enero de 1992 sobre el agua*. Esta ley complementa a la Ley 1245/64 de 16 de diciembre sobre el régimen y reparto de las aguas y la lucha contra la contaminación. En la Ley 3/92 se define el agua como...*parte del patrimonio común de la nación. Su protección, explotación y el desarrollo del recurso utilizable, en el respeto de los equilibrios naturales, es de interés general. El uso del agua pertenece a todos en el marco de las leyes y reglamentos así como de los derechos anteriormente establecidos* (art.1). El objeto de la ley es *la gestión equilibrada del agua* (art.2), entre lo que se encuentra el desarrollo y protección del recurso, la valoración del agua

como recurso económico encaminado a satisfacer las adecuadas exigencias de salubridad y la protección contra las inundaciones y de todas las actividades que legalmente puedan utilizar el agua. Esta ley expone los principios de la gestión equilibrada de los recursos con el fin de asegurar *la protección contra toda contaminación y la restauración de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas* (art. 3).

El Título I de la ley trata *De la política y gestión de las aguas*. Para conseguir el objetivo final de la ley, se introduce el instrumento del *Plan director de aprovechamiento y de gestión de las aguas*. Los Planes directores se elaboran por el comité de cuenca correspondiente a iniciativa del prefecto coordinador de la cuenca. Las directrices de estos Planes deben fijar objetivos generales de utilización, explotación y protección de los recursos de agua superficial y subterránea y de los ecosistemas acuáticos, así como la conservación de los humedales. En este Título se fijan las reglas generales para la preservación de la calidad y el reparto de los recursos, considerando los casos de limitación de usos por situaciones de emergencia, las prescripciones a considerar en las concesiones del servicio público para determinadas actividades y las características a reunir por las autorizaciones administrativas necesarias para aquellas actividades que ponen en peligro el equilibrio de los recursos tanto en cantidad como en calidad y que no son destinados al consumo doméstico. El art. 13 determina la composición de la factura del agua, que deberá reflejar el coste del volumen de agua consumido y el coste fijo debido al servicio y distribución. El final del Título se destina a la prevención de catástrofes naturales o de accidentes que puedan poner en peligro el equilibrio natural del medio acuático. Se establece el régimen de infracciones y sus correspondientes sanciones.

El Título II de la Ley consta de dos capítulos. En general trata *de la intervención de las instituciones territoriales* en la gestión y depuración de las aguas. En el Capítulo I, se concede a los colectivos territoriales (en el ámbito de las entidades locales) la competencia para la realización de estudios, obras o instalaciones que presenten un carácter de interés general o de urgencia, dentro del marco del esquema de ordenamiento y gestión de las aguas. En el Capítulo II, se pone a disposición de las comunas o de sus agrupaciones la ayuda de los departamentos para la instalación de los dispositivos de depuración y saneamiento públicos.

El Título III de la Ley se dedica a disposiciones diversas y finales.

La Ley de Aguas de 1992 refuerza el papel de las Agencias del Agua en el aspecto correspondiente a la planificación. Prevé la puesta en marcha de un instrumento de la planificación, el Plan Director de Aprovechamiento y Gestión de las Agua (SDAGE), que debe de ser llevado a cabo por la Agencia del agua correspondiente y adoptado por el Comité de cuenca. Su aprobación

corresponde al prefecto coordinador de la cuenca, que es del departamento donde tiene su sede la Agencia (Santafé, 2000).

El SDAGE sirve de marco de referencia para que se desarrollen iniciativas locales de gestión de las aguas, entre las que destaca el Plan de Aprovechamiento y Gestión de las Aguas (SAGE).

Un pilar de la política del agua en Francia lo constituye su régimen económico-financiero, que se basa en el principio de que *el agua financia al agua*.

## Italia

La gestión de los recursos hídricos en Italia ha estado tradicionalmente muy relacionada con la protección del suelo. Las leyes fundamentales en materia de recursos hídricos son: la *Ley 183/89 de 18 de mayo sobre Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo* y la *Ley 39/94 del 5 de mayo sobre Disposizioni in materia di risorse idriche*, conocida como *Ley Galli*.

La importancia de la Ley 183/89 de Defensa del Suelo radica en dos aspectos fundamentales. Por un lado tiene rango de norma fundamental para la reforma socio-económica del país. Por otro lado, constituye una innovación importante en el funcionamiento y organización de la administración pública en el ámbito de la defensa del suelo. Ambos aspectos derivan de los mismos objetivos de la ley, que son: el de asegurar la defensa del suelo, el saneamiento del agua, la gestión del patrimonio hídrico para su uso sostenible en los aspectos económico y social y el conocimiento y tutela del medio ambiente.

Con anterioridad a esta ley de defensa del suelo, el Estado y las Regiones ejercían separadamente sus competencias en materia de recursos hídricos según su ámbito territorial. La reforma introducida por la ley se basa en la cooperación de ambas administraciones para una mejor gestión del recurso en calidad y cantidad. Para la consecución de sus objetivos define dos nuevos instrumentos de gestión: la autoridad de cuenca (*Autorità di bacino*) y el plan de cuenca (*Piano di bacino*). A través de estos nuevos instrumentos, todas las actuaciones previstas por la ley se ejecutan en el ámbito de la cuenca hidrográfica. Las cuencas creadas por la ley se dividen en cuencas nacionales, interregionales y regionales, teniendo el Estado una importante función de dirección y coordinación entre ellas.

El Título I de la ley define las finalidades, sociedades y servicios en tres capítulos respectivos. El Capítulo I define en su art. 1 que el objetivo de la ley en materia de aguas es la gestión del patrimonio hídrico para su uso racional. El Capítulo II establece los órganos de deliberación y aprobación de los planes, así como las competencias del Ministerio de Obras Públicas y del Ministerio de Medio Ambiente en las materias objeto de la ley. Se crea la Dirección General de

la Defensa del Suelo y el Servicio Técnico Nacional Hidrológico. En el Capítulo III se definen las competencias de las regiones, los Entes locales y las autoridades de cuenca de ámbito nacional.

En el Título II se definen el ámbito territorial de las distintas cuencas hidrográficas y el contenido de los planes de cuenca, con sus particularidades tanto para las cuencas de ámbito nacional como para las regionales e interregionales. En el Capítulo III se estipula la forma de llevar a cabo las actuaciones previstas por los planes. El Capítulo IV estipula la forma de financiación de las actuaciones.

Por último, el Título III se dedica a disposiciones transitorias y finales.

La ley esencial que regula la gestión del agua es la Ley 36/94 de 5 de enero, conocida como Ley Galli, que reforma una disposición anterior, de 1989, vigente en gran parte. El objetivo básico de esta ley se dirige hacia la reorganización de los servicios de abastecimiento y saneamiento, estableciendo un modelo de gestión integral del ciclo hidrológico, cuyo coste sea totalmente cubierto por la tarifa del agua.

Para la consecución de este ambicioso objetivo se deben resolver tres situaciones que actualmente se dan en la gestión del agua: la fragmentación de la gestión, la fragmentación del llamado *ciclo tecnológico* (que engloba los procesos de captación, distribución, alcantarillado y depuración del agua) y la descompensación entre la tarifa actual y el coste real del servicio, que debe ser soportado por los usuarios. La Ley Galli diseña un sistema de gestión organizado a partir de unos Ambitos Territoriales Óptimos (ATO), que quedan delimitados a partir de los principios de respeto a la unidad de cuenca, integración de todas las fases en la gestión y dimensión territorial y de población adecuada. Como base de la reestructuración económica del agua se encuentra la cuantificación del recurso. Actualmente las propuestas de la Ley Galli están en proceso de implementación en todas las cuencas, para lo cual el Ministerio de Obras Públicas está desarrollando un notable esfuerzo.

La Ley Galli se compone de cinco capítulos. El Capítulo I está dedicado a los principios generales. El art. 1 declara públicas las aguas superficiales y subterráneas, constituyendo éstas un recurso que debe ser utilizado según el criterio de solidaridad. Compete a la Autoridad de cuenca el definir y actualizar periódicamente el balance hídrico de la cuenca entre el recurso disponible y el necesario, así como la planificación del uso del recurso en función de dicho balance (art. 3). El art. 5 propone una serie de medidas a adoptar para el ahorro del agua, entre ellas resalta la redacción de un reglamento para la reducción de pérdidas en la red.

El Capítulo II está dedicado a la gestión del agua y su régimen económico. El art. 8 prevé la reorganización de los servicios hidráulicos considerando la

unidad de cuenca hidrográfica. El art. 13 establece que la tarifa del agua debe cubrir la totalidad del servicio hídrico integrado, en la que se considere la calidad del recurso y del servicio suministrado, incluyendo los costes de inversión y operación necesarios para el suministro. En la ley está previsto el poder realizar trasvases de agua entre cuencas, en el caso de desequilibrio de los recursos. El art. 17 regula la operación de los trasvases.

El Capítulo III está dedicado a la vigilancia y control del uso del recurso y a la participación de los usuarios en la gestión de los mismos. Se crea la figura del Comité para la Vigilancia del Uso de los Recursos Hídricos, con el fin de que se sigan los criterios de eficiencia, eficacia y economía del servicio, así como el cumplimiento de la ley.

En el Capítulo IV se especifican los usos productivos de los recursos hídricos. Considera que estos usos son: agrícola, industrial e hidroeléctrico. El uso agrícola prevalece en caso de sequía sobre los demás usos productivos, habiéndose satisfecho las demandas para consumo urbano.

En el Capítulo V se establecen las disposiciones final y transitorias de la Ley Galli.

### Grecia

La *Ley 1739/89* relativa a la gestión de los recursos del agua, define el marco en el que debe desarrollarse esa gestión, así como la organización institucional. Aunque no trata los aspectos cualitativos, reconoce que la cantidad y la calidad están estrechamente relacionadas y considera que la protección de la calidad del agua en los ríos es una forma especial de utilización del recurso. Establece también que los recursos de agua son públicos siendo necesario un permiso para su utilización, que se otorga por un plazo máximo de diez años prorrogable (Santafé, 2000).

La *Ley 1650/86 Básica de Medio Ambiente* trata de la calidad de las aguas y de los vertidos y contiene la trasposición de las Directivas comunitarias. Según esta ley, todos los vertidos deben de ser autorizados por el Ministerio de Sanidad.

Consecuencia de la normativa sobre agua existente en Grecia, a continuación se enumeran los principios básicos que inspiran la política del agua en este país (Koussis, 1999):

- El agua se considera un bien natural que sirve para satisfacer las necesidades de la sociedad.
- El mercado del agua para la obtención de beneficios está restringido.
- Se define un límite mínimo y otro máximo de la cantidad y calidad requerida para cada uso, teniendo en cuenta el uso racional del recurso y las necesidades del usuario.

- El precio del agua se determina de forma separada para cada uso.
- La protección del recurso tiene por objeto la protección del sistema acuático y para ello utiliza diferentes medios. Se imponen restricciones al uso de los recursos, se exige una determinada calidad del agua, se establecen caudales mínimos y se controlan las actividades que inciden sobre los recursos.

### Comparación entre las normativas nacionales y la Directiva Marco de Agua

La comparación de las distintas normativas nacionales revela bastantes similitudes entre ellas e importantes coincidencias con la Directiva Marco del Agua.

Los recursos del agua superficiales y subterráneos (en Portugal sólo los superficiales), son patrimonio público y se ha generalizado la necesidad de regular su uso mediante un régimen de concesiones y autorizaciones, bajo el principio de la solidaridad. Ese carácter público del agua no está reñido, sin embargo, con la cada vez mayor presencia del sector privado en el campo de la gestión, fundamentalmente en la relacionada con el abastecimiento a las poblaciones.

En cuanto a los usos sectoriales del agua, se observa una tendencia manifiesta a declarar prioritario el consumo de agua para uso urbano, desplazándose muchos de los problemas del agua hacia los temas de abastecimiento y saneamiento a las poblaciones. Las entidades locales y regionales suelen ejercer las competencias en estos temas.

En las normativas de los países estudiados se observa una clara preocupación por los sucesos extremos, preocupación que también se recoge en la Directiva Marco del Agua, donde se reconocen como estados carenciales las sequías y las inundaciones.

Es también evidente la importancia y reforzamiento de la planificación hidrológica, que se revela como un aspecto esencial de las nuevas administraciones hidráulicas. Este reforzamiento está en la línea de la Directiva Marco de Agua que establece que los Estados miembros velarán para que se elabore un Plan Hidrológico de cuenca en cada demarcación hidrográfica situada totalmente en su territorio.

La gestión del agua se encuentra más o menos descentralizada en todos los países analizados. En España, las competencias sobre el agua en las Cuencas Internas de Cataluña, en Galicia Costa y en los territorios insulares dependen de las Administraciones Hidráulicas de sus Gobiernos Autonómicos. Para definir los ámbitos territoriales en los que se realiza esa gestión descentralizada en todos los países, excepto en Portugal, se respeta el principio de unidad de la

cuenca. Ese principio es recogido también con la definición de demarcaciones hidrográficas por la Directiva Marco.

Otra tendencia que se observa en las distintas normativas es la de considerar que el agua no es un bien libre y que debe tenderse hacia la recuperación de sus costes. En este sentido es cada vez más notoria la presencia de los usuarios en la financiación de los costes del agua, que incluyen la internalización de los costes ambientales. En esta línea, el principio de que *el usuario paga y el que contamina paga* está extendiéndose en las normativas de los países analizados, tal y como recoge claramente la Directiva Marco.

La Directiva Marco va a reforzar la tendencia a la homogeneización de los aspectos legales y de organización ya existente en estos países. Conviene mencionar que las mayores diferencias entre las legislaciones nacionales y la propuesta de Directiva Marco están en la prioridad que se le da a la consecución del buen estado de las aguas, sobre todo en lo referente al estado ecológico, en la consideración de las aguas de transición y costeras en las demarcaciones hidrográficas, en la necesidad de internalizar sistemáticamente los costes del agua estimados mediante análisis económicos, o en la obligación de coordinar la planificación de los ríos fronterizos.

#### 4.2.5 *Acuerdos y convenciones internacionales*

Con carácter general, la mayoría de los acuerdos y convenciones internacionales conciernen a la protección de la calidad de las aguas o a aspectos relacionados con la utilización de los recursos. Temas como la influencia de las detracciones del ciclo del agua en los caudales ecológicos no se han incluido aún en estos acuerdos y convenciones (EEA, 1999c).

A continuación se muestran los acuerdos y convenciones que afectan a los países mediterráneos.

El *Convenio de las Naciones Unidas sobre la Protección y Uso de Cursos de Agua Transfronterizos y Lagos Internacionales, de 17 de Marzo de 1992*. Entre los países que son parte del convenio se encuentran los de la región mediterránea. El convenio insta a las partes a prevenir, controlar y reducir la contaminación que se pueda causar en ríos y acuíferos transfronterizos, mediante una gestión racional y ecológica del agua y la conservación y protección ambiental de los recursos (Comisión Económica para Europa, 1994).

La cuenca del Rin es una de las principales cuencas internacionales que ha sido objeto de numerosos tratados internacionales. Esta cuenca incluye parte del territorio de uno los países mediterráneos, Francia. Aunque existen tratados sobre el Rin que se remontan a 1820, es con el Tratado de la Haya de 1960



cuando se crea la *Comisión Internacional para la Protección del Rhin frente a la Contaminación* y se fijan los límites en las emisiones a los ríos y a los sistemas de drenaje. En tratados y acuerdos posteriores se han establecido reglas y programas para reducir/prevenir la contaminación y mantener una cierta capacidad que permita la producción de energía mientras se garantizan las necesidades de otros usuarios.

España y Portugal han firmado diversos acuerdos para el aprovechamiento de los recursos hídricos comunes. Estos acuerdos se remontan a los años 60, cuando se centaban en el uso hidroeléctrico de los ríos transfronterizos. Recientemente, en Noviembre de 1998 se firmó una nueva Convención sobre *Cooperación para la Protección y Aprovechamiento Sostenible de las Aguas de las Cuencas Hidrográficas Hispano-Portuguesas*, en la que se tratan no sólo aspectos relacionados con el uso de las aguas, sino también con los caudales circulantes en su faceta cuantitativa (Gonzalvez, 2000).

La Convención de 1999 (Convención en adelante) se aplica a las cuencas hidrográficas del Miño, Lima, Duero, Tajo y Guadiana. Establece fundamentalmente un marco para la cooperación en la protección de las aguas de las cuencas de los ríos compartidos y sus ecosistemas acuáticos y terrestres asociados y para la asistencia mutua en situaciones extremas de inundación, sequías e incidentes de contaminación accidentales. La convención reconoce el derecho de cada parte al uso sostenible de las aguas de los ríos dentro de su territorio (Gonzalvez, 2000).

Para garantizar el buen estado de las aguas, se define para cada cuenca el régimen de caudales adecuado a los usos establecidos o previsibles. En el Protocolo adicional y su Anexo se establecen los caudales circulantes (en hm<sup>3</sup>/año) para las estaciones de aforo y en las situaciones definidas.

El marco instituido por la Convención establece las bases para una relación duradera entre las partes, especialmente en las siguientes áreas (Gonzalvez, 2000):

- Intercambio sistemático de información sobre el estado hidrológico de las cuencas compartidas.
- Coordinación en la gestión de las aguas, incluso en situaciones extremas como las sequías, inundaciones o en incidentes de contaminación accidentales.
- Evaluación de impactos transfronterizos de nuevos proyectos en las cuencas compartidas.
- Preparación de estudios conjuntos en las aguas transfronterizas (estuario del Guadiana, etc).

### 4.3 Instituciones y organizaciones

El conocimiento de las instituciones y organizaciones encargadas de la Administración del agua en los distintos países es necesario si se quiere realizar un análisis comparativo que pueda servir para extraer conclusiones de interés. A continuación se describen brevemente las principales instituciones y organizaciones de cada país, así como los antecedentes que les han precedido.

#### Portugal

La administración de los recursos hídricos se encontraba a finales del siglo XIX a cargo de cuatro Distritos Hidráulicos. Éstos eran agencias regionales basadas fundamentalmente en el concepto de administración de cuenca y que gestionaban los recursos del Duero (Douro), Mondego, Tajo (Tejo) y el Sur de Portugal.

Las grandes obras de infraestructuras acometidas a principio de este siglo se encaminaban a la generación de hidroelectricidad. La complicada orografía del país, así como el hecho de que los más importantes centros comerciales se situaran a lo largo de la costa, hicieron que la navegación fluvial no se desarrollara en Portugal como en el resto de otros países europeos. En los años 30 se vio la necesidad de mejorar y expandir los terrenos destinados al regadío, naciendo una importante organización: el Consejo de Obras Hidráulicas para la Agricultura, responsable de la construcción de importantes estructuras hidráulicas. Por otra parte, las autoridades municipales tenían la competencia del abastecimiento de agua y del tratamiento de los efluentes, recibiendo ayudas ocasionales del gobierno central. La única excepción la constituía la ciudad de Lisboa, cuyo abastecimiento estaba a cargo de una empresa privada, *Compania das Águas* de Portugal.

Recientemente, ya en el año 1986, se ha iniciado un ambicioso plan para reestructurar todo el sistema de planificación y gestión de los recursos hídricos, teniendo como uno de los objetivos primordiales la creación de 5 confederaciones o agencias hidrográficas. Los cambios políticos del año 1988 dejaron de lado la reforma institucional de la gestión de los recursos hídricos, paralizándose todos los proyectos. A partir de 1994 se produce una nueva legislación que actualmente se encuentra en proceso de implementación.

En la actualidad, el Ministerio de Medio Ambiente y de la Ordenación del Territorio (MAOT) es la principal institución responsable de la gestión del agua a nivel nacional (Figura 39).

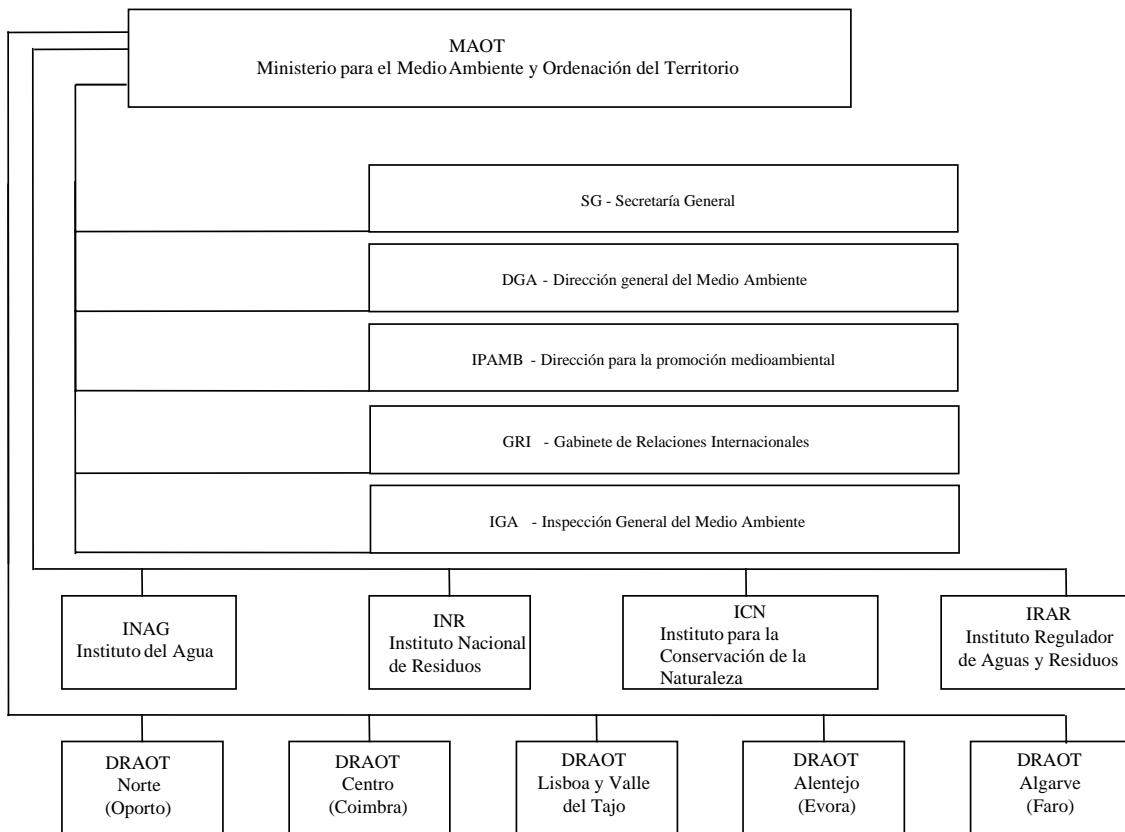


Figura 39. Ministerio de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de Portugal. Fuente: Serra, 2000

El Instituto Nacional del Agua (INAG) es la institución dependiente del MAOT responsable de ejecutar las políticas de gestión y planificación en materia de aguas y de llevar a cabo las políticas resultantes de los planes de cuenca previstos según el actual marco legislativo en materia de gestión y planificación de los recursos hídricos, en colaboración con las cinco Direcciones Regionales de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (DRAOTs).

Los servicios territoriales del MAOT los constituyen las DRAOT, que son organismos descentralizados del MAOT, dotados de autonomía administrativa. Su ámbito territorial no coincide con las cuencas de los principales ríos (Figura 40), lo cual implica un importante trabajo de coordinación a la hora de implantar las futuras políticas resultantes de los planes de cuencas.

Las DRAOTs constituyen un escalón intermedio entre los usuarios y la administración central. Las cinco Direcciones Regionales existentes son: Alentejo, Algarve, Centro, Lisboa e Vale do Tejo y Norte. Los destinatarios de los servicios de las Direcciones Regionales son, en principio, todos los residentes de sus correspondientes ámbitos territoriales.

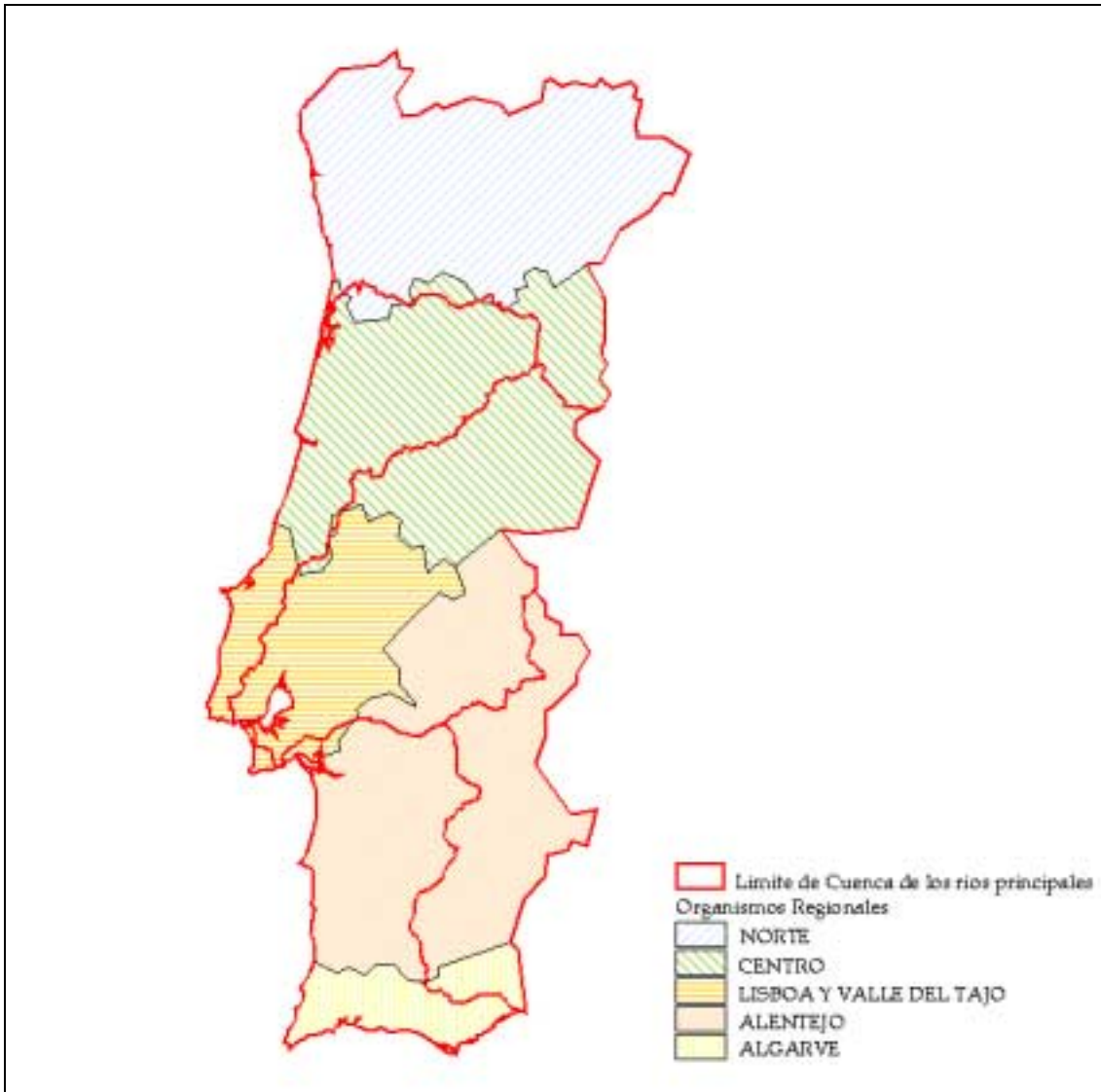


Figura 40. Las Direcciones Regionales de Medio Ambiente y de Ordenación Territorio (DRAOTs) y las cuencas de los principales ríos en Portugal

Además del MAOT, existen otros departamentos ministeriales que también intervienen en la gestión del agua, como el Ministerio de Salud, a cargo del control sanitario del agua o el Ministerio de Planificación, que realiza la gestión de los fondos comunitarios y de ordenación del territorio del Estado.

En la Figura 41 se muestran los 15 ámbitos territoriales de planificación de cuencas, que se han utilizado en capítulos posteriores del presente documento para la realización de los análisis territoriales.

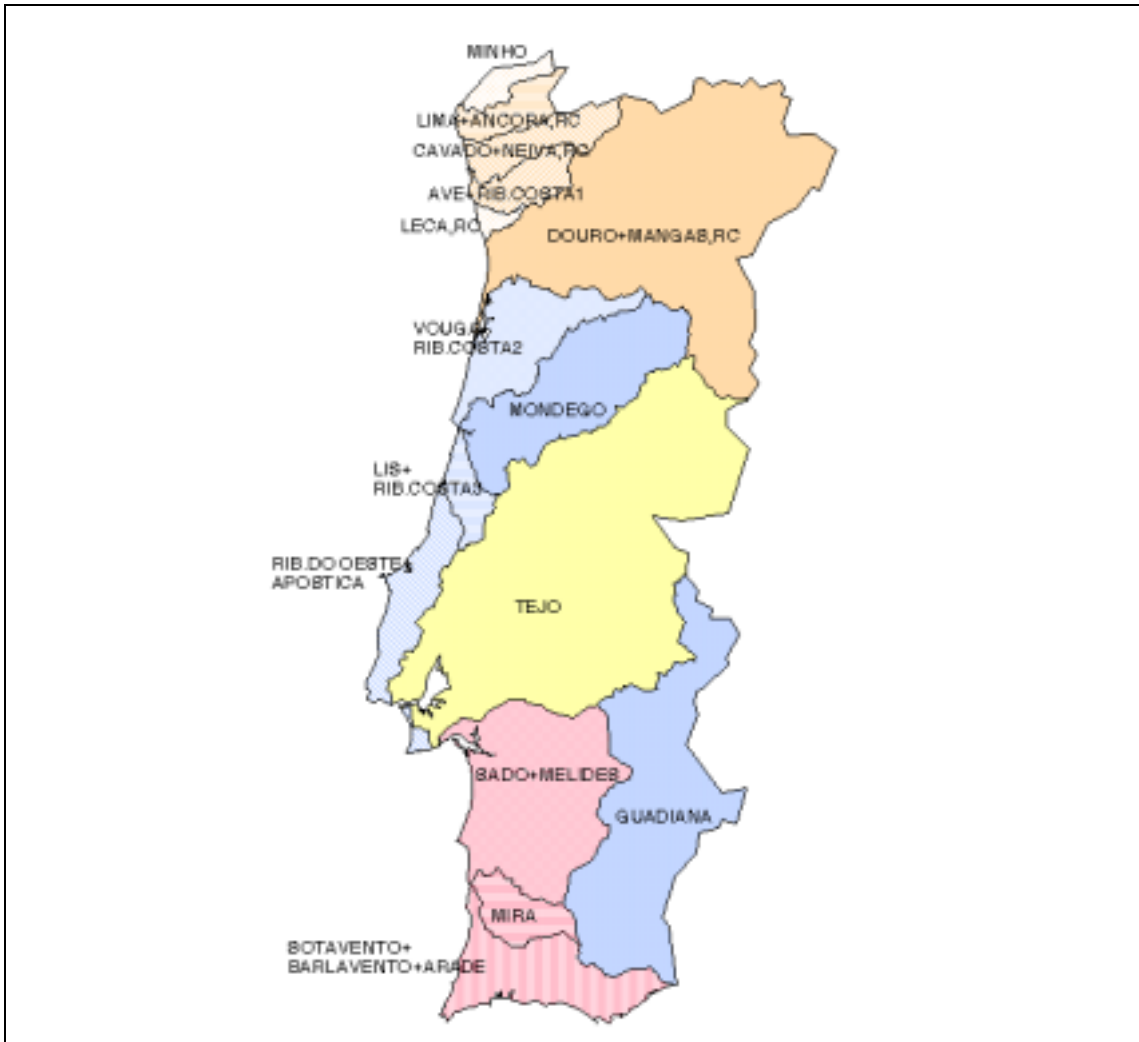


Figura 41. Ámbitos territoriales de planificación de cuenca en Portugal

## España

La tradición por el aprovechamiento de los recursos hídricos en España se remonta a siglos pasados, aunque no fue hasta entrado el siglo XVIII cuando verdaderamente se impulsa el desarrollo de las infraestructuras hidráulicas. En los años cincuenta y sesenta del siglo XIX surge un verdadero interés por las obras, primero de abastecimiento y luego de regadío. Por otra parte, la lucha contra las inundaciones dio lugar a numerosas actuaciones de encauzamiento y defensa de márgenes.

El problema de los riegos se convirtió en un asunto de especial importancia en el siglo XIX. El Estado daba la concesión de las aguas y las empresas construían los canales y distribuían el agua a los regantes. Sin embargo, poco a poco se llegó a la convicción de que si se deseaba mejorar el regadío, base del sustento de la población española, el Estado debía subvencionar a las empresas concesionarias. Esta idea del Estado como persona encargada de las obras hidráulicas dio lugar a la Ley de auxilios de 1883, la Ley de pantanos y canales

de 1909, o la Ley de Auxilios de 1911 conocida por el nombre de su creador, Gasset.

En el año 1926 se reguló la constitución, funciones, competencias, régimen económico, composición y dirección técnica de las Confederaciones. La función primordial de las mismas debía ser la de formar un plan de aprovechamiento de los recursos de la cuenca, revisado periódicamente. La figura de la Confederación Hidrográfica como institución responsable de la gestión de los recursos de cuenca se ha mantenido hasta nuestros días y es una vía fundamental a través de la cual se ejecuta la legislación estatal en materia de aguas.

En la actualidad la política de aguas y medio ambiente en España se ejecuta por el gobierno central a través del Ministerio de Medio Ambiente (MIMAM). Los tres órganos superiores del Ministerio son: la Secretaría de Estado de Aguas y Costas, la Subsecretaría de Medio Ambiente y la Secretaría General de Medio Ambiente, de las que dependen las distintas Direcciones Generales y los Organismos Autónomos a ella adscritos. Una síntesis del organigrama del MIMAM se muestra en la Figura 42.

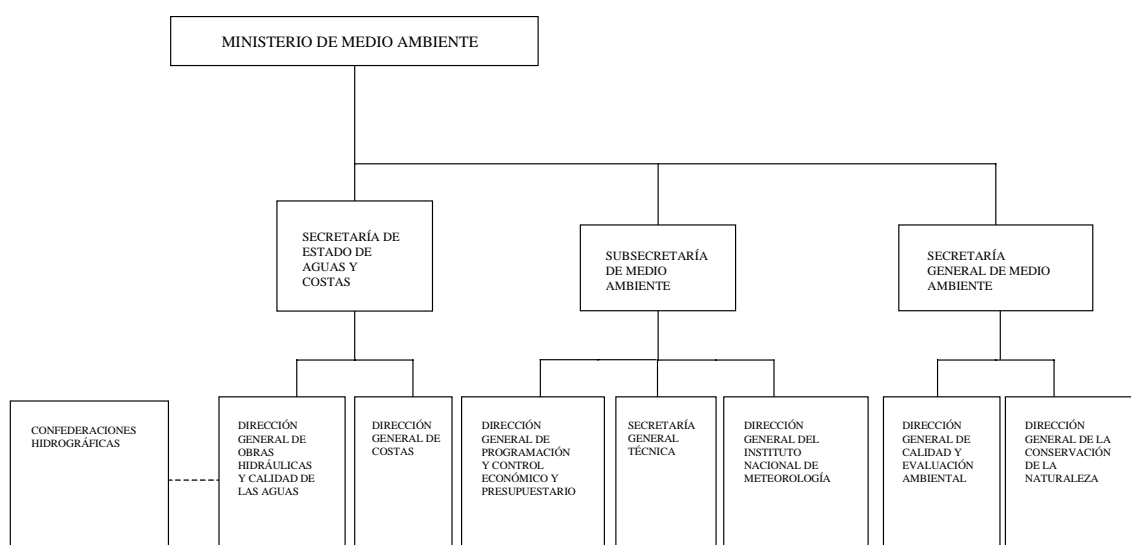


Figura 42. Organigrama del Ministerio de Medio Ambiente de España

Las competencias que la Ley de Aguas atribuye al Estado se ejercen fundamentalmente a través de la Secretaría de Estado de Aguas y Costas, a la que le corresponden las funciones de la planificación de los recursos hídricos mediante la elaboración y desarrollo del Plan Hidrológico Nacional (PHN), la ejecución de las infraestructuras hidráulicas de competencia estatal, la elaboración de la normativa en materia de aguas y costas, la coordinación y acción concertada con las Comunidades Autónomas (CCAA) en el ámbito de la política de saneamiento y depuración de las aguas y la protección, gestión y administración de los bienes de dominio público hidráulico y marítimo-terrestre. Un organismo dependiente de la mencionada Secretaría y esencial

para el desarrollo de las funciones a ésta encomendadas en materia de Aguas es la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas (DGOHCA).

Los organismos de cuenca previstos por la Ley de Aguas para el ejercicio de sus correspondientes funciones en las cuencas que se extienden por el territorio de más de una Comunidad Autónoma (cuencas intercomunitarias) se denominan Confederaciones Hidrográficas. En las cuencas que se extienden por el territorio de una única Comunidad Autónoma, las funciones del organismo de cuenca son llevadas a cabo por la Administración Hidráulica de la Comunidad Autónoma correspondiente. Las Confederaciones Hidrográficas son entidades descentralizadas del Estado, pero adscritas a efectos administrativos al MIMAM.

En lo que se refiere a las Administraciones Hidráulicas de las CCAA, en la actualidad están constituidas las de las cinco cuencas intracomunitarias siguientes: Cuencas Internas de Cataluña (1985), Islas Baleares (1985), Islas Canarias (1985), Galicia Costa (1986) y Cuencas Internas del País Vasco (1994). La Figura 43 muestra los ámbitos territoriales de los planes hidrológicos de cuenca, inter e intracomunitarios<sup>11</sup>: Galicia-Costa, Norte I, Norte II, Norte III, Duero, Tajo, Guadiana I, Guadiana II, Guadalquivir, Sur, Segura, Júcar, Ebro, Cuencas Internas de Cataluña, Baleares y Canarias.

---

<sup>11</sup> exceptuando el ámbito de Cuencas Internas del País Vasco, que no ha sido representado en la figura y que coincide en una gran parte con el ámbito de planificación de Norte III.



Figura 43. Ámbitos territoriales de la planificación hidrológica en España

## Francia

La tradición hidráulica en Francia procede de las mejoras en la navegación fluvial. Las condiciones climáticas e hidrológicas del país, así como la baja densidad de población respecto a otros países europeos no dieron lugar al impulso de grandes trabajos de planificación, aunque hacia mediados del siglo XIX y después de fuertes avenidas, se identificaron algunos sitios para la construcción de grandes embalses de laminación, abandonándose la idea de ir recreciendo cada vez más los diques de los márgenes fluviales. Sin embargo, no fue hasta después de la segunda guerra mundial cuando se emprendió la ejecución de tales obras, impulsadas por la cada vez más creciente necesidad de agua en las cada vez más extensas y pobladas ciudades, caso de París, especialmente en verano y para la refrigeración de centrales nucleares.

La preocupación por la creciente contaminación de los ríos a causa de los vertidos industriales y urbanos comienza a plasmarse a finales de los años 50. Se importó la noción de gestión de la cuenca hidrográfica de Alemania e Inglaterra y se propuso el desarrollo de la gestión de los recursos a escala de seis cuencas.



Con la aprobación en 1964 de la Ley del régimen y reparto de las aguas y la lucha contra la contaminación surge la figura de la entonces denominada *Agencia financiera de la cuenca (Agence financière de Bassin)*, donde el *Comité de la Cuenca (Comité de bassin)* establece un programa de inversiones a 5 años para combatir los vertidos contaminantes a los ríos y regular el suministro de agua, y decide los cánones correspondientes para financiar este programa, hasta un 40% del capital necesario. Al comienzo, las autoridades locales fueron enormemente reacias a la aceptación de esta nueva figura, que consideraban invasora en el ejercicio de sus competencias. La *Agencia financiera de la cuenca*, recientemente renombrada *Agencia del Agua*, ha ido gradualmente ganando apoyo por parte de los distintos sectores, debido a que son instituciones descentralizadas cuyo presupuesto no depende del sistema presupuestario central y no están, por tanto, sometidas a posibles recortes que pondrían en peligro el que se llevasen a cabo los cometidos de tales Agencias. Garantizan, además, la regularidad y continuidad de la inversión que se precisa y el correspondiente incremento en el precio del agua a largo plazo.

La política de aguas y medio ambiente se ejecuta por el Gobierno Central a través del Ministerio de Planificación Regional y Medio Ambiente (MATE) por el que se concentran determinadas políticas de gestión del territorio y de medio ambiente en una sola institución. En materia de aguas se le atribuyen las funciones de asegurar la política de explotación de los ríos y la gestión de aguas.

La Administración Central del MATE (Figura 44) se divide en una dirección general (*Direction Générale de l'Administration et du Développement*) y en cuatro direcciones técnicas (*Direction de l'Eau, Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques Majeurs, la Direction de la Nature et des Paysages y la Direction de l'Évaluation Économique et des Études Environnementales*). Para la consecución de sus objetivos, existen asimismo una serie de servicios descentralizados que prestan su apoyo al Ministerio, además de una serie de organismos públicos a él adscritos y de otras direcciones o departamentos ministeriales.

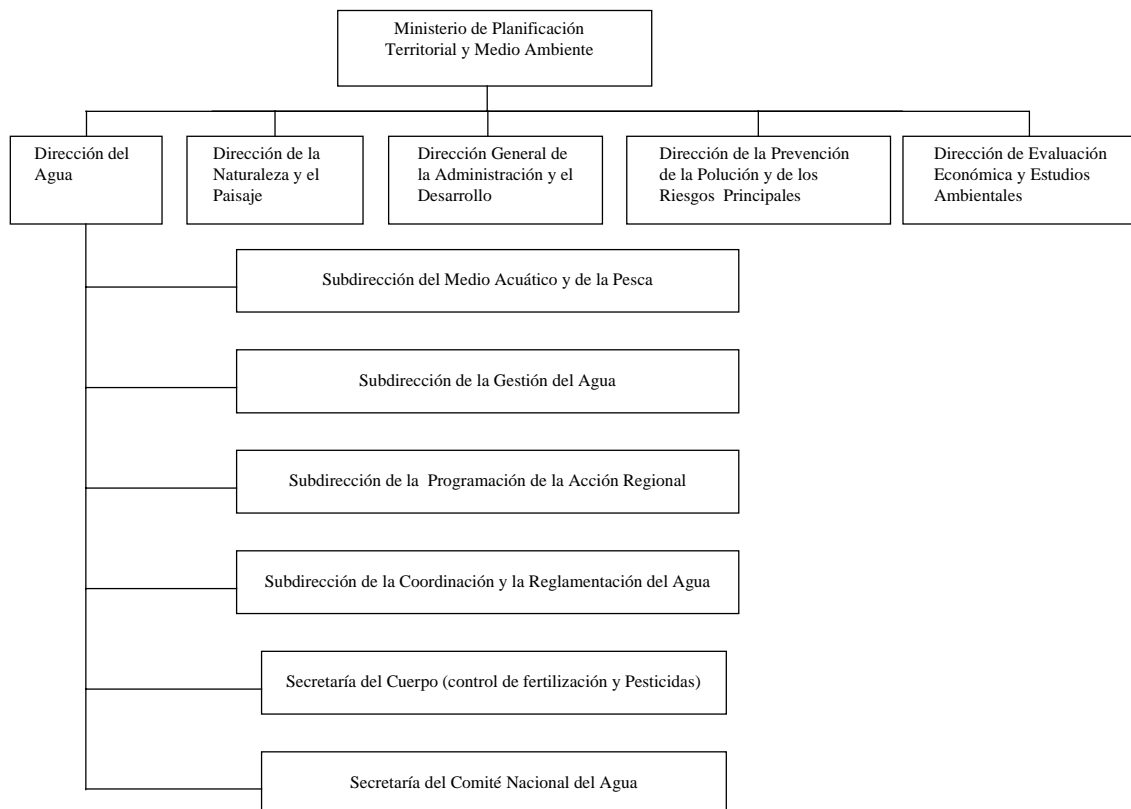


Figura 44. Organigrama general del Ministerio de Planificación Territorial y Medio Ambiente (MATE) de Francia

Los servicios periféricos del MATE a escala regional los constituyen 22 Departamentos Regionales de Medio Ambiente (DIREN) creados a finales de 1990, que se encuentran bajo la autoridad del prefecto de la región. Tienen competencias sobre los sistemas de medida de la calidad y cantidad de las aguas, así como del seguimiento de los planes locales de cuenca (SAGE).

A nivel departamental, los prefectos coordinan la acción de los servicios territoriales de los distintos ministerios. En materia de aguas, las Direcciones Departamentales del Ministerio de Fomento (DDE) tienen competencias sobre los ríos demaniales; las Direcciones Departamentales del Ministerio de Agricultura (DDA) tienen competencia sobre el resto de las aguas, excepto sobre los acuíferos profundos bajo jurisdicción del DRIRE, departamentos territoriales del Ministerio de Industria. Las Direcciones Departamentales del Ministerio de Salud Pública (DDASS) controlan la calidad de las aguas de baño y de las aguas potables (Barraqué, 2000).

La Dirección de Prévention des Pollutions et Risques (DPPR) tiene a su cargo el control de las emisiones contaminantes al aire, agua y suelo de las grandes industrias y lo hace a través de DRIRE a nivel regional. La ley de 1992 ha creado una estructura para coordinar las actividades de policía de las aguas de todos estos departamentos territoriales al nivel de cada departamento (département): el MISE (*Mission interservice de l'eau*). La administración municipal es responsable del suministro de agua y de la recogida y tratamiento

de las aguas residuales. Si ésta invierte para mejorar los sectores de suministro y tratamiento, puede conseguir ayudas de las Agencias, pero no para la reposición de infraestructuras existentes. Este es un problema creciente. En la mayoría de los departamentos, las comunidades rurales consiguen subsidios del presupuesto del *Conseil général* (cuerpo electo del departamento) y de otros mecanismos de financiación (Barraqué, 2000).

Junto con la Administración Central y sus servicios periféricos, el MATE ha confiado la realización de una serie de sus misiones a organismos públicos adscritos a él o bajo la dependencia conjunta de otros ministerios. De entre ellos, son las Agencias del Agua las instituciones responsables de la ejecución e integración de las políticas sectoriales del agua en materia de gestión y planificación.

Las Agencias del Agua son organismos públicos de carácter administrativo bajo la tutela conjunta del MATE, del Ministerio de Industria y del Ministerio de Economía. El campo de acción de cada Agencia corresponde al de una gran cuenca hidrográfica (Figura 45): Adour-Garonne, Artois-Picardie, Loire-Bretagne, Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée-Corse, Seine-Normandie.

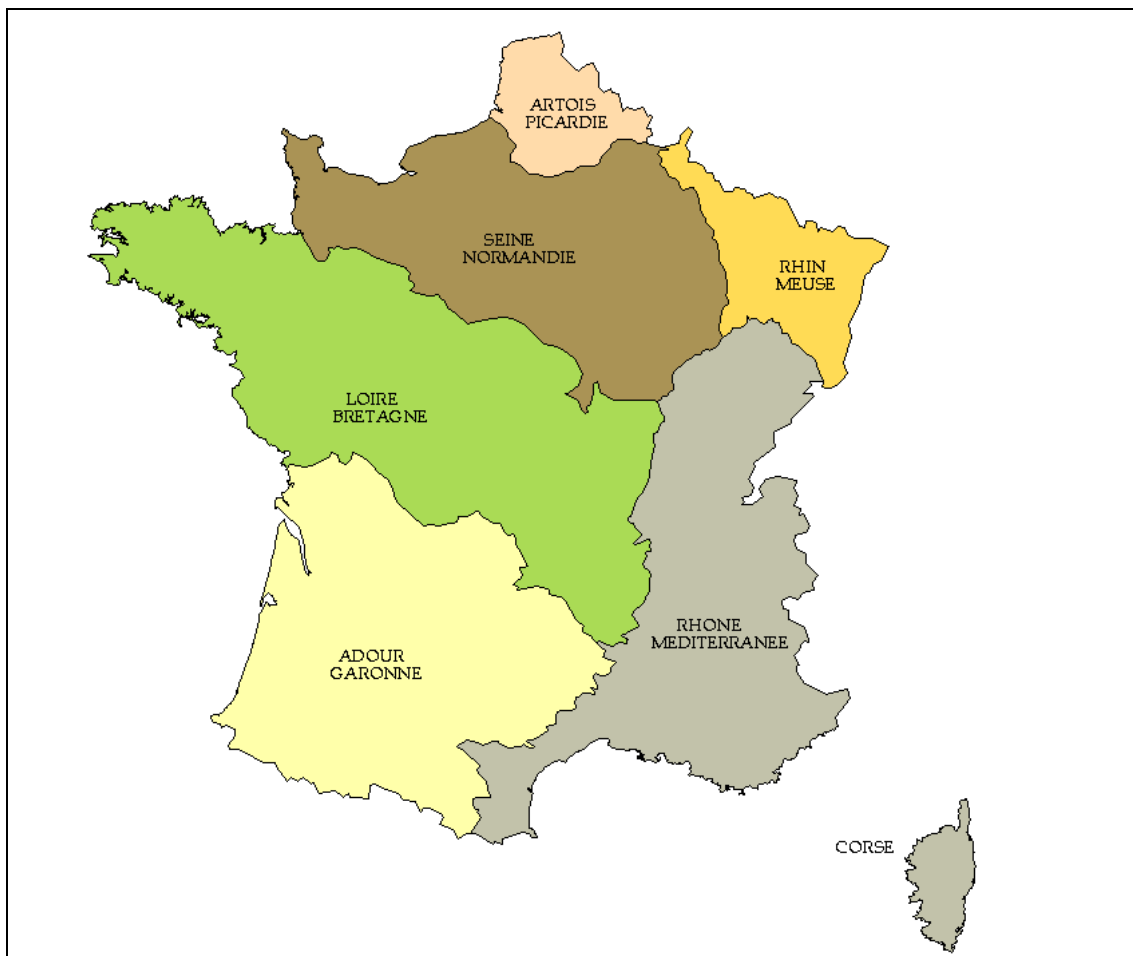


Figura 45. Agencias del Agua en Francia

Los papeles fundamentales de las Agencias son dar el soporte financiero y técnico a las acciones de la lucha contra la contaminación de las aguas, asegurar un reparto equilibrado de los recursos entre los usuarios según sus necesidades, cumplir con los objetivos de calidad fijados por las distintas normativas y promover estudios e investigación en colaboración con distintas organizaciones.

El decreto de la ley de agua sobre los cánones recaudados directamente por las Agencias del Agua define 4 tipos posibles, dos de los cuales se utilizan realmente en la actualidad: el canon de emisión de contaminantes (para financiar las plantas de tratamiento y los sistemas de alcantarillado) y el canon por detracción (compuesto de una pequeña partida por detracción y de una mayor por consumo, es decir agua que no retorna al río o al acuífero). También existe la posibilidad de definir un canon por modificación del régimen de las aguas. Este canon no ha sido aún establecido, aunque en la actualidad se está discutiendo la creación de un mecanismo de financiación específico que ayude en el control de las aguas residuales urbanas. También las Agencias pueden imponer un canon a los usuarios cuando éstos realicen actividades que impliquen necesariamente la intervención de aquellas. Lo recaudado por todos los cánones existentes supera los 1.500 millones Euros/año. MATE prepara en la actualidad una ley para reorganizar y racionalizar el sistema de cánones, que debería promulgarse durante el año 2.001.

### Italia

En Italia la institución responsable de ejercer las competencias en materia de ordenamiento y gestión de los recursos hídricos es el Ministerio de Obras Públicas (MOP). El MOP tiene encomendadas las funciones de programación de los recursos hídricos y su utilización, protección frente a la contaminación de las aguas y gestión de los recursos.

Las competencias sobre la calidad del recurso y la depuración de efluentes son ejercidas por el Ministerio de Medio Ambiente (MMA).

La Ley 183/89 sobre la defensa del suelo en su art. 5 prevé que las atribuciones estatales definidas por dicha ley sean desarrolladas a través del Ministerio de Obras Públicas (MOP) y del Ministerio de Medio Ambiente (MMA), repartiendo las correspondientes competencias. Al MOP se le encomienda, entre otras, las funciones de desarrollar el servicio de policía hidráulica y de la navegación interna, criterios y decisiones en caso de avenidas, llevar a cabo los proyectos, construcción y gestión de las obras públicas de competencia estatal dentro de las cuencas nacionales, etc, mientras que es competencia del MMA la tutela de la contaminación de las aguas y del tratamiento de los efluentes, en las cuencas nacionales e interregionales.

EL MOP ejerce sus competencias en materia de recursos hídricos a través de la Dirección General de la Defensa del Suelo (DGDS).

La Ley 183/89 prevé la creación de los Servicios Técnicos Nacionales, con la finalidad de organizar, gestionar y coordinar un sistema informativo basado en una red nacional integrada, en cuya gestión y formación toman parte el Estado, las Regiones y las sociedades interesadas. Entre estos servicios técnicos se constituye el hidrográfico y mareográfico.

La organización de los servicios hidráulicos italianos se realiza sobre la base del ámbito territorial, siguiendo los criterios de: respeto de la unidad de cuenca; descentralización de la gestión del recurso y consecución de un nivel de gestión adecuado atendiendo a parámetros físicos, demográficos, técnicos y administrativos. Para garantizar que la gestión del recurso sigue estos criterios se constituye el Comité para la vigilancia del uso de los Recursos Hídricos por la Ley 36/94. Para el ejercicio de sus funciones, este Comité hace uso de los datos proporcionados por el Observatorio de los Servicios Hidráulicos.

Conviene mencionar la existencia de una Agencia Nacional del Agua, cuya finalidad es la de gestionar y desarrollar una red de interconexión de sistemas hidráulicos, muchos de los cuales ya existen. Esta Agencia debe también poner en marcha un programa de investigación e innovación sobre aspectos relacionados con el ahorro.

La Ley Galli prevé que la gestión del recurso y la ejecución de las distintas directrices con él asociadas se efectúen dentro del ámbito de la cuenca hidrográfica. Por otra parte, la Ley de Defensa del Suelo atribuye a las Regiones competencias en materia de delimitación de sus cuencas hidrográficas, de colaborar en los planes de cuenca nacionales y elaborar los planes de cuenca regionales y aprobar los interregionales, disponer la redacción de proyectos y aprobación de obras en las cuencas regionales e interregionales; la gestión y mantenimiento de las obras e instalaciones para la conservación de los bienes demaniales, asumir toda otra iniciativa en materia de tutela y uso del agua de las cuencas de su competencia, etc (art.10).

Definidas las competencias de las Regiones y como se deduce de lo anterior, la Ley 183/89 procede a la clasificación de las 44 cuencas hidrográficas íntegramente comprendidas en el territorio nacional en (ver Figura 46):

- Cuencas nacionales (*Bacini di rilievo nazionale*): Son 11 en total, 4 en la vertiente del mar Adriático y 7 en la vertiente del mar Tirreno.
- Cuencas interregionales (*Bacini di rilievo interregionale*): Son 18 en total, 11 de ellas en la vertiente al Adriático, 2 al Jónico y 5 al Tirreno.
- Cuencas regionales (*Bacini di rilievo regionale*): Son todas las que no son ni nacionales ni interregionales.

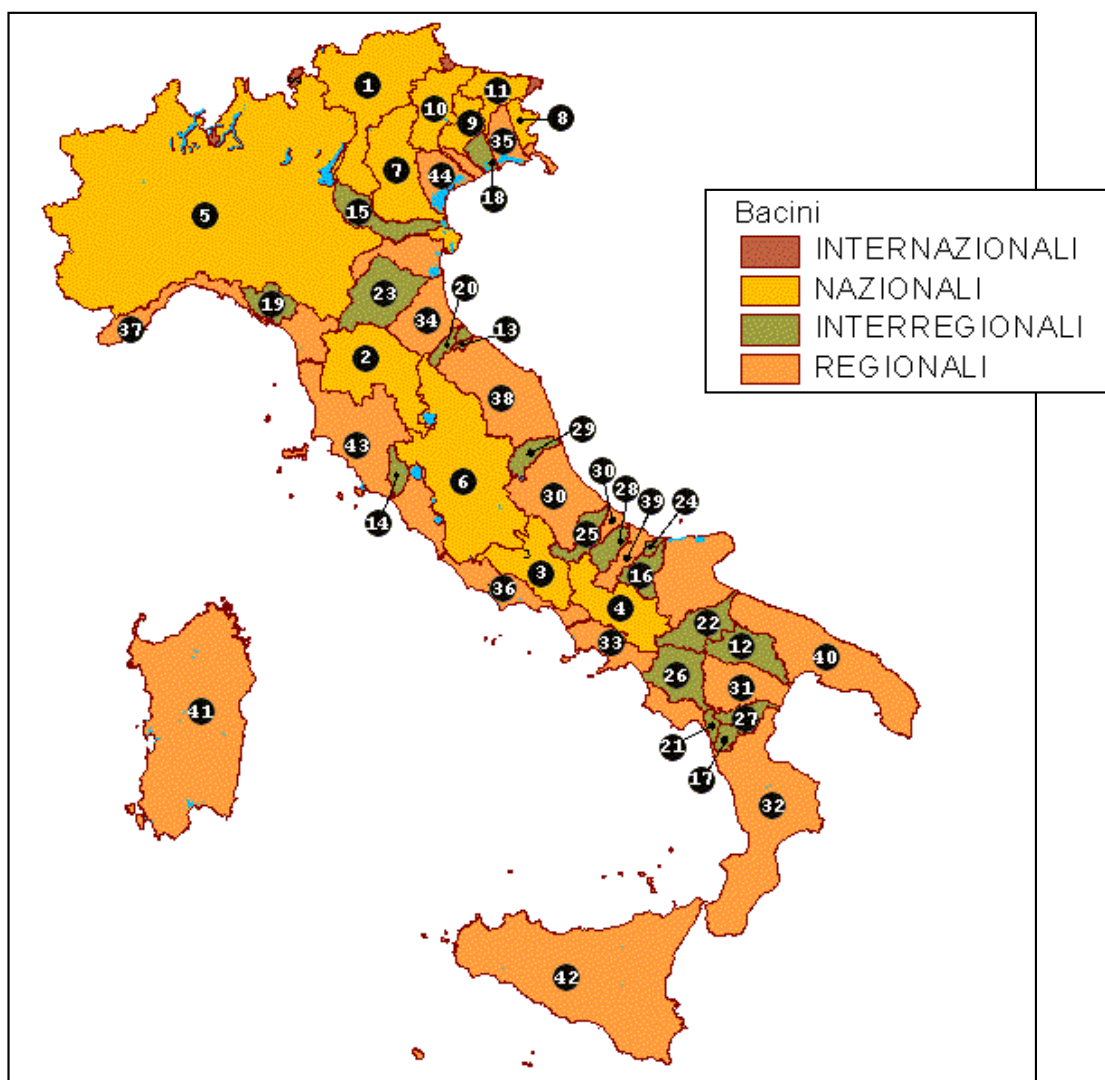


Figura 46. Cuencas italianas y su clasificación (Fuente: Ministero dei Lavori Pubblici).

Notas: 1.- Adige; 2.- Arno; 3.- Liri-Garigliano; 4.- Volturno; 5.- Po; 6.- Tevere; 7.- Brenta-Bacchiglione; 8.- Isonzo; 9.- Livenza; 10.- Piave; 11.- Tagliamento; 12.- Bradano; 13.- Conca; 14.- Fiora; 15.- Fissero-Tartaro-Canalbiano; 16.- Fortore; 17.- Lao; 18.- Lemene; 19.- Magra; 20.- Marecchia; 21.- Noce; 22.- Ofanto; 23.- Reno; 24.- Saccione; 25.- Sangro; 26.- Sele; 27.- Sinni; 28.- Trigno; 29.- Tronto; 30.- Abruzzo; 31.- Basilicata; 32.- Calabria; 33.- Campania; 34.- Emilia-Romagna; 35.- Friulivenezia Giulia; 36.- Lazio; 37.- Liguria; 38.- Marche; 39.- Molise; 40.- Puglia; 41.- Sardegna; 42.- Sicilia; 43.- Toscana; 44.- Veneto; 99.- Internazionale.

Las cuencas de los grandes ríos se encuentran definidas como cuencas nacionales. La elaboración de los planes de estas cuencas y su gestión corresponde a cada una de las Autoridades de cuenca nacional, formadas por el comité institucional, el comité técnico y el secretario general y la secretaría técnico-operativa. La Ley de defensa del suelo atribuye las competencias a cada uno de estos órganos (art. 12).

En las cuencas interregionales, las regiones territorialmente competentes tienen transferidas las funciones relativas a las obras hidráulicas y delegadas las funciones relativas a los recursos hídricos, ejercitando unas y otras de común acuerdo. Las funciones administrativas relativas a los recursos de las cuencas regionales son delegadas a las regiones competentes.

En la Figura 47 se muestra la agrupación de cuencas hidrográficas utilizada en este documento a efectos de los análisis territoriales posteriores. Estas 12 cuencas de norte a sur son: Po, Veneto, Liguria, Romagna e Marche, Toscana, Lazio, Abruzzo e Molise, Campania, Apulia, Calabria e Basilicata, Sicilia y Sardeña.



Figura 47. Agrupación de cuencas hidrográficas en Italia

### Grecia

La responsabilidad para el desarrollo y gestión de los recursos hídricos en Grecia es del Ministerio para el Desarrollo. El Instituto de Geología e Investigación Minera, dentro de dicho Ministerio, está inmerso en el desarrollo de los recursos subterráneos. Por otra parte, la calidad de los recursos hídricos del país es responsabilidad del Ministerio de Medio Ambiente, Planeamiento y Obras Públicas. El Ministerio de Agricultura también juega un papel clave al ser la agricultura el principal consumidor de agua. El suministro de agua a las

municipalidades es responsabilidad del Ministerio de Interior, Administración Pública y Descentralización, con las importantes excepciones del área de Gran Atenas y la ciudad de Tesalónica, donde el control se ejerce por organizaciones del Ministerio de Medio ambiente, Planeamiento Físico y Obras Públicas. Finalmente, la Oficina de Protección Civil, que está bajo la jurisdicción del Ministerio del Interior, Administración Pública y Descentralización, tiene la autoridad para la gestión de emergencias frente a inundaciones.

En Grecia y en relación con la gestión del agua, el territorio se ha organizado en 14 *Distritos de Agua* (Figura 48) cuyos ámbitos territoriales coinciden con los límites de las cuencas hidrográficas y grupo de islas relacionadas. Los 14 distritos ordenados de norte a sur y de oeste a este son: Macedonia occidental, Macedonia central, Macedonia oriental, Thrace, Epirous, Thessalia, Sterea Hellas occidental, Sterea Hellas oriental y Euboia, Attica, Peloponnese occidental, Peloponnese septentrional, Peloponnese oriental, Kreta y las islas Egeo.

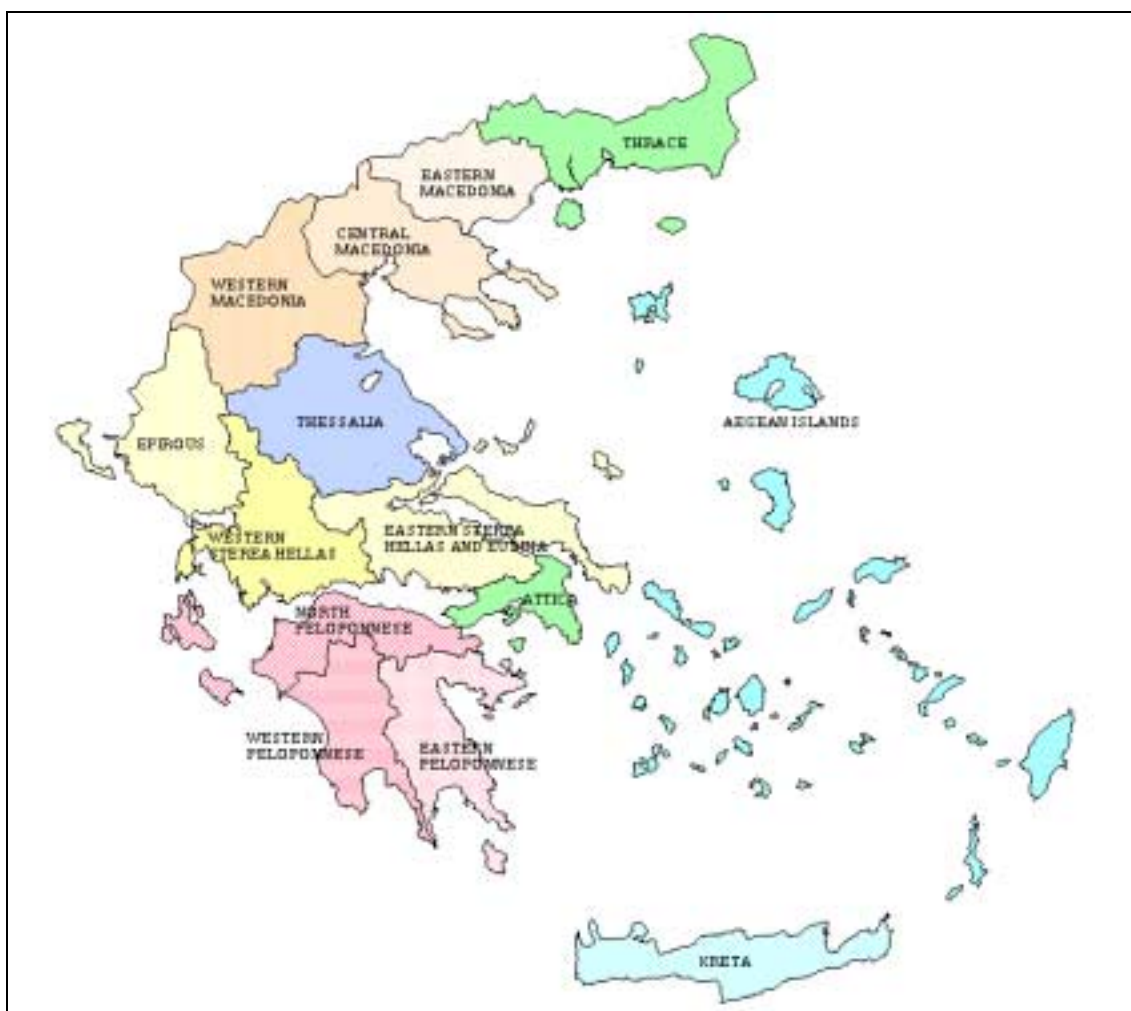


Figura 48. Distritos del agua en Grecia

A escala regional se encuentran las Comisiones de cuenca, formadas por representantes de los distintos Ministerios y otros Organismos de la



Administración con competencias sectoriales. Su papel es informar a la Comisión Interministerial del Agua en aquello relacionado con la utilización de los recursos hidráulicos y en especial, sobre los proyectos de infraestructuras. Esta comisión tiene carácter consultivo (Santafé, 2000).

Conviene mencionar que el Ministerio de Asuntos Exteriores tiene también un importante papel en la gestión del agua, ya que los recursos externos representan un porcentaje significativo de los recursos totales del país.

### Análisis comparativo

La organización territorial de la Administración del Agua se realiza en todos los países sobre la base del principio de la unidad de cuenca (excepto en Portugal) y del principio de descentralización (a través de las Regiones, Departamentos, Comunidades Autónomas, etc, dependiendo del país que se trate). Esta organización está en la línea de la Directiva Marco del Agua, que introduce el concepto de demarcación hidrográfica basado en el principio de unidad de cuenca. Esta Demarcación estará formada por una o más cuencas y podrá tener carácter internacional.

En cuanto a las responsabilidades de las instituciones y organizaciones encargadas de la Administración del Agua en cada país, en la Tabla 10 se resumen éstas para distintos aspectos de interés.

Responsabilidades	Portugal	España	Francia	Italia	Grecia
Redes de medida de las aguas	MAOT/INAG/DR AOT	MIMAM/DGOHCA Comunidades Autónomas (CCAA)	DIREN	MOP	Ministerio para el Desarrollo
Protección de las aguas	MAOT/INAG/DR AOT	MIMAM/DGOHCA CCAA	Agencia del Agua/Policía del Agua (Prefecto)	MOP	
Control de la calidad de las aguas	MAOT/INAG/DR AOT	MIMAM/DGOHCA, CCAA y Municipios	Ministerio de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente	MMA	Ministerio de Medio Ambiente, Planeamiento y Obras Públicas
Control sanitario del agua potable	Ministerio de Salud	Ministerio de Sanidad y Consumo y Consejerías de Sanidad de las CCAA	Ministerio de Sanidad		
Control de las aguas de baño		Ministerio de Sanidad y Consumo y Consejerías de Sanidad de las CCAA			
Planificación y gestión	MAOT/INAG/DR AOT	MIMAM, Confederaciones Hidrográficas (CCHH) CCAA (Administraciones Hidráulicas)	MATE/Agencias del Agua/DIREN/DDEs	MOP	Ministerio para el Desarrollo
Desarrollo de obras hidráulicas públicas	MAOT/INAG	MIMAM/DGOHCA /CCHH, CCAA		MOP	
Suministro de agua para uso urbano	Municipalidades	Municipios	Municipalidades		Ministerio de Interior, Administración Pública y Descentralización
Saneamiento	Municipalidades	Autonomías/municipios	DDASs del Ministerio de Salud Pública, Municipalidades	MMA	
Precio de los servicios de agua para uso urbano	Municipalidades (Compañías de agua)	Municipios	Municipalidad Mayor		
Concesiones	MAOT/INAG/DR AOT		Prefecto		
Gestión de emergencias frente a inundaciones	MAOT/INAG/Servicio Nacional de Protección Civil	Ministerio del Interior, MIMAM y CCAA		MOP	Ministerio del Interior, Administración Pública y Comunidades Autónomas

Tabla 10. Responsabilidades en la gestión del agua en los países seleccionados<sup>12</sup>.

Las competencias sobre el agua se encuentran repartidas entre las distintas Administraciones y dentro de la Administración Central en diversos Ministerios, aunque existe un predominio de los de Medio Ambiente. Esta realidad pone de relieve la importancia de las cuestiones ambientales en materias relacionadas con la gestión del agua. Esta concurrencia competencial

<sup>12</sup> En las casillas en blanco no se dispone de información

ha conducido a que en algunos países se hayan creado formalmente comisiones interministerial sobre el agua.

La fragmentación de la autoridad y la concurrencia competencial en la planificación, gestión, explotación y control de los recursos hídricos que se deriva de la tabla anterior propicia en muchas ocasiones una utilización no óptima del recurso. Sobre esta cuestión hay que tener en cuenta sin embargo que la administración del agua es una cuestión ciertamente compleja y que por ejemplo los proyectos hidráulicos más importantes sirven a varios propósitos, tales como el abastecimiento a núcleos urbanos, riego, protección frente a inundaciones, producción hidroeléctrica y usos recreativos (Koussis, 1999).

## **5 LOS RECURSOS HÍDRICOS Y LOS USOS DE AGUA**

### **5.1 Los recursos hídricos totales**

#### *5.1.1 Introducción*

Suele entenderse que los recursos de un territorio son la suma de los recursos naturales generados internamente en ese territorio más los aportes externos que provienen de territorios vecinos.

Los recursos naturales generados internamente son los que se producen a partir de la precipitación y comprenden, en concreto, la escorrentía superficial directa y la recarga a los acuíferos. Estos recursos no tienen por qué coincidir exactamente con la aportación de la red fluvial, dado que pueden producirse transferencias superficiales y subterráneas desde o hacia otros territorios. Un caso particular de territorio lo constituye la cuenca hidrográfica, cuya peculiaridad radica en que no recibe, en régimen natural, transferencias superficiales y las que recibe subterráneamente suelen ser, en general, poco importantes (MIMAM, 1998).

Los aportes externos son los aportes superficiales o subterráneos procedentes de territorios vecinos y se refieren a los flujos correspondientes al régimen hidrológico modificado por los usos existentes aguas arriba. Las reglas habituales utilizadas para calcularlos son básicamente dos, la primera es que los ríos que constituyen frontera no deben ser utilizados en el cálculo y la segunda que en el caso de los ríos transfronterizos debe contabilizarse como recurso externo el flujo medido o estimado en la frontera (Margat y Vallée, 1998).

#### *5.1.2 Los recursos hídricos de un territorio*

La precipitación y la evapotranspiración constituyen las variables climáticas que junto con las características físicas de los suelos y acuíferos determinan el recurso natural generado internamente en un territorio.

La precipitación media anual en los países considerados es de 800 mm y varía desde menos de 300 mm en el Sudeste de la Península Ibérica a más de 1.500 mm en las regiones alpinas (Figura 49).

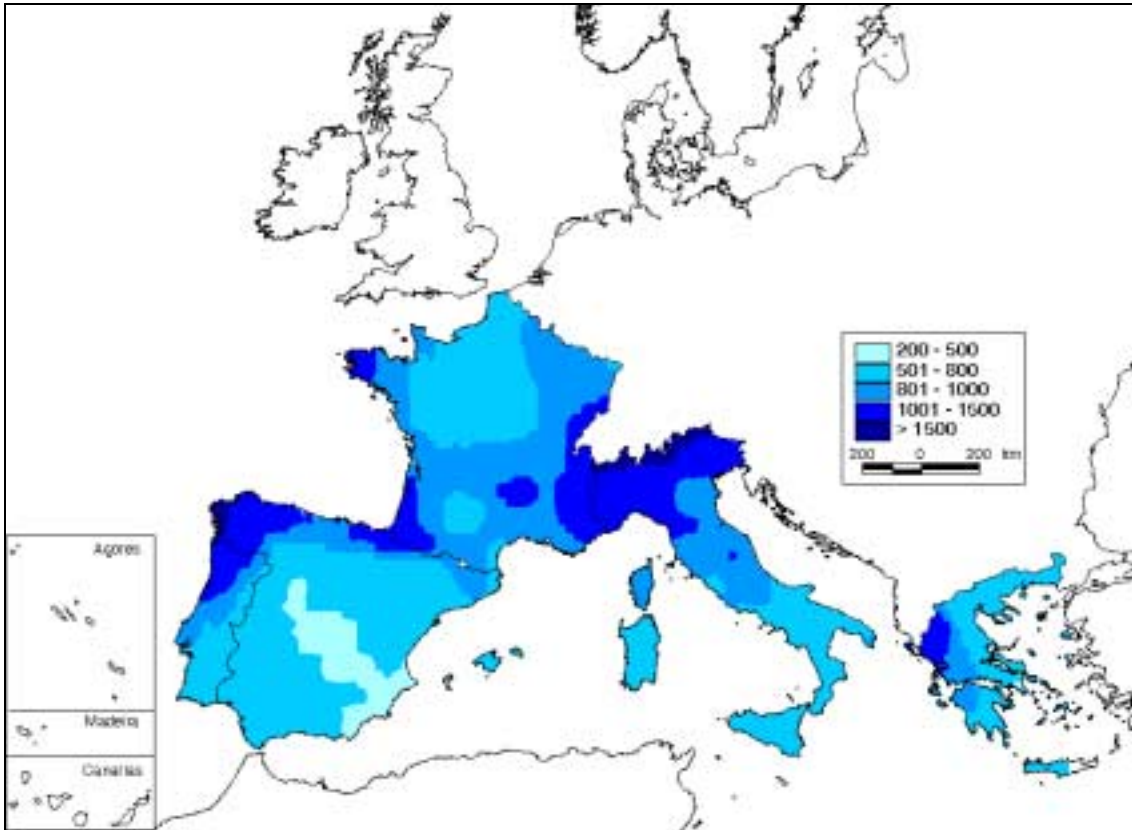


Figura 49. Precipitación media anual en mm en la Europa mediterránea en el período 1961-90.  
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat

La evapotranspiración potencial media anual en los países considerados es de algo más de 700 mm, variando desde unos 500 mm en las regiones más septentrionales a unos 1.200 mm en las regiones meridionales de las penínsulas mediterráneas (Figura 50). Por otra parte, la evapotranspiración real media anual es de unos 450 mm, variando desde unos 400 mm en una gran parte de la península ibérica a más de 900 mm en el norte de Italia y noroeste de la península ibérica (Figura 51), valores todos ellos inferiores a los de la evapotranspiración potencial, al no darse siempre las condiciones óptimas de humedad en el suelo para que se produzca la evapotranspiración potencial.

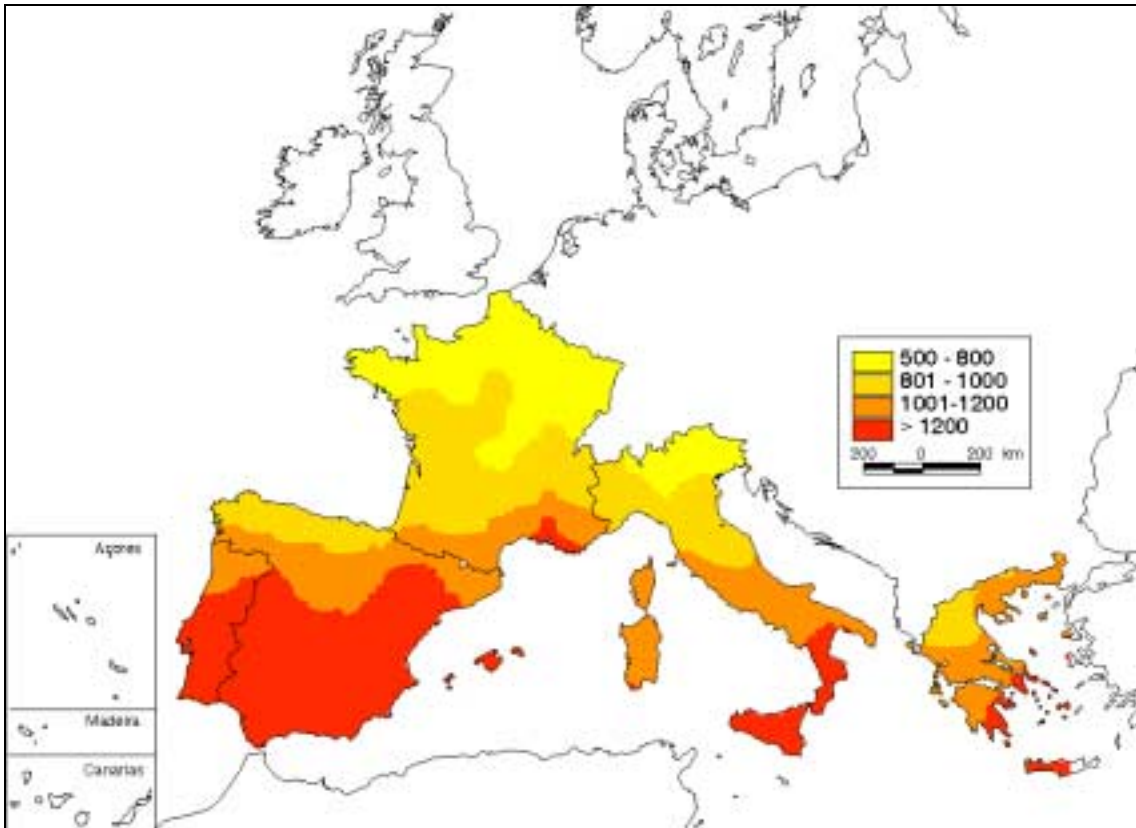


Figura 50. Evapotranspiración potencial media anual en mm en Europa mediterránea en el periodo 1961-90. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat

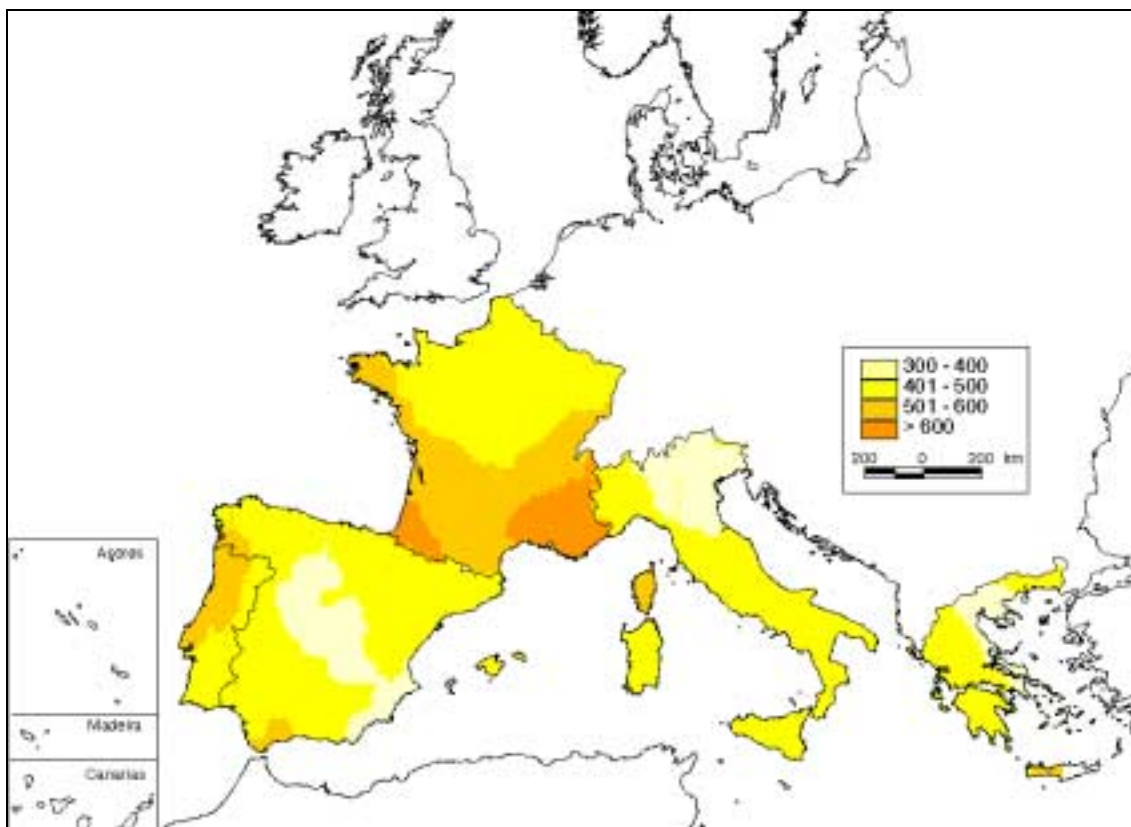


Figura 51. Evapotranspiración real media anual en mm en Europa mediterránea en el periodo 1961-90. Fuente: Elaboración propia mediante la aplicación de la ley de Budyko a partir de los mapas de precipitación (Figura 49) y evapotranspiración potencial (Figura 50) .

Los valores medios anuales de precipitación, evapotranspiración potencial y real se muestran, para cada país, en la Tabla 11, donde además se ha incluido el valor del cociente entre la evapotranspiración real y la potencial.

País	Superficie (km <sup>2</sup> )	Precipitación (mm)	Precipitación (km <sup>3</sup> )	Evapotranspiración potencial (mm)	Evapotranspiración potencial (km <sup>3</sup> )	Evapotranspiración real (mm)	Evapotranspiración real (km <sup>3</sup> )	ET/ETP
Portugal	92.389	877	81	898	83	498	46	0,55
España	506.470	684	346	862	437	464	235	0,54
Francia	543.965	809	440	601	327	469	255	0,78
Italia	301.277	982	296	704	212	468	141	0,67
Grecia	131.957	849	112	765	101	447	59	0,58
Total	1.576.058	809	1.275	736	1.160	467	736	0,63
UE	3.235.120	808	2.615	568	1.836	441	1.428	0,77

Tabla 11. Precipitación, evapotranspiración potencial y evapotranspiración real en valores medios anuales. Fuentes : MIMAM, 1998, CEDEX, 1998a y WRI, 1997

En valores medios por país, la precipitación oscila entre los algo menos de 700 mm/año en España a los casi 1.000 mm/año en Italia. La evapotranspiración potencial (ETP) media anual varía entre algo más de 600 mm en Francia y los casi 900 mm de Portugal, en tanto que la evapotranspiración real (ET) es bastante menor, de unos 450 mm en Grecia a 500 mm en Portugal. La fracción ET/ETP que, en valor medio para la UE es de 0,77, varía desde 0,54 en España hasta 0,78 en Francia.

En cuanto a la variabilidad temporal, en la Figura 52 se muestran las series de precipitaciones anuales desde 1901 a 1995 en los países de la Europa Mediterránea, apreciándose que Portugal es el país donde mayor es la variabilidad interanual.

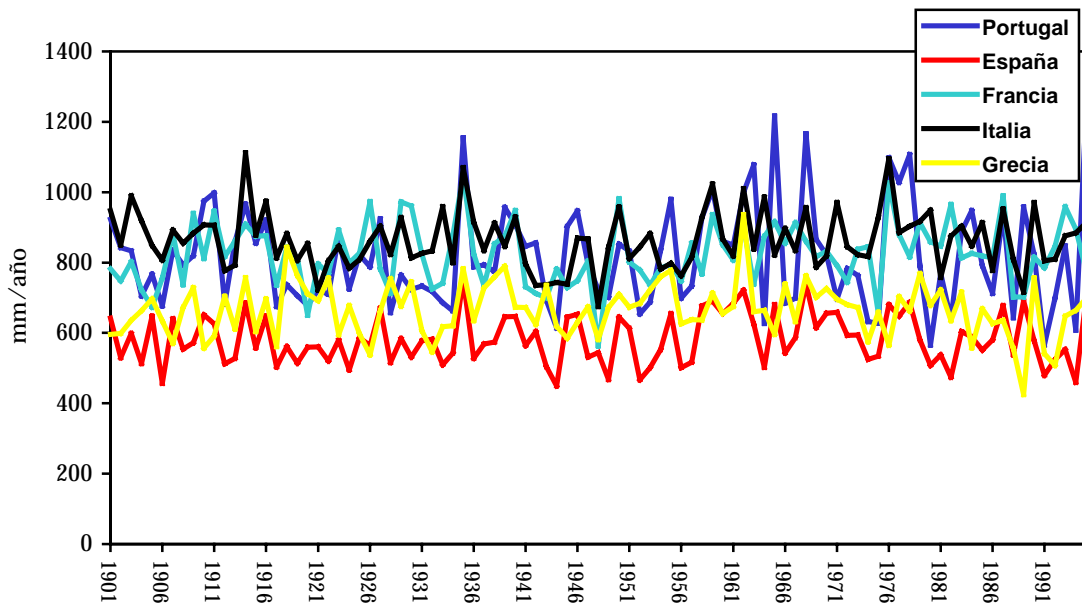


Figura 52. Variabilidad temporal de la precipitación en los países de la Europa Mediterránea (periodo 1901/02-1995/96). Fuente: CRU, 1998

Dentro de un mismo país, las diferencias regionales pueden ser muy importantes, tal como se observa en la Figura 53, donde se comparan las precipitaciones anuales en distintas cuencas españolas y en sus vertientes atlántica y mediterránea.

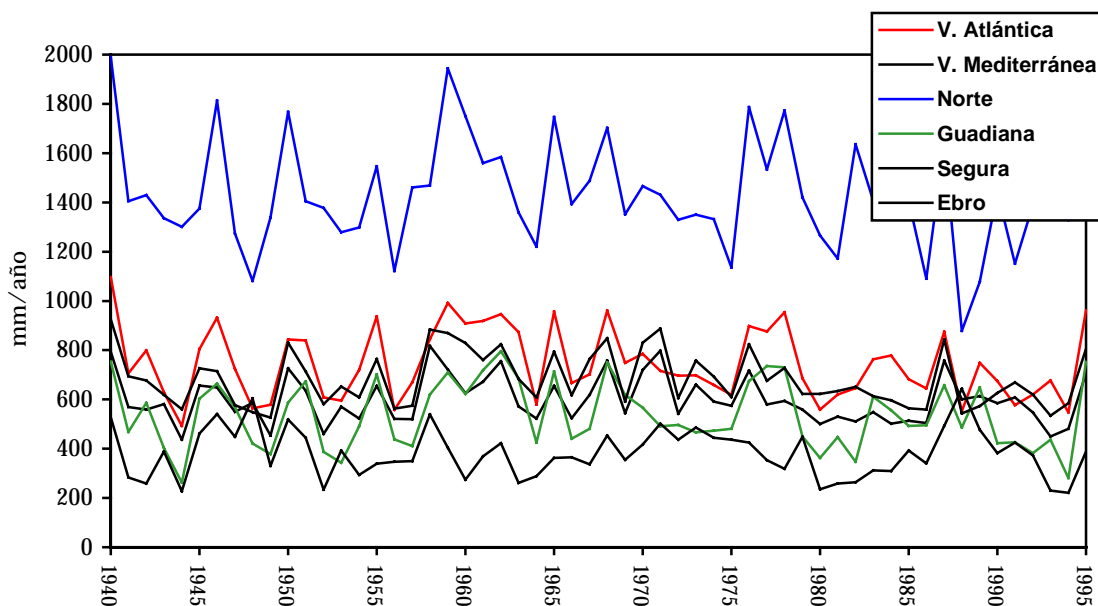


Figura 53. Variabilidad temporal de la precipitación en distintas cuencas españolas (periodo 1940/41 a 1995/96). Fuente de los datos: MIMAM, 1998

Consecuencia del efecto de estas variables climáticas junto con las características del suelo y de los acuíferos, la escorrentía total media anual sigue un patrón de comportamiento espacial similar al de las precipitaciones, aunque con una mayor variabilidad espacial, tal y como se aprecia en la Figura 54. Esta escorrentía total (recurso por unidad de superficie) es la suma de la escorrentía superficial directa y la escorrentía subterránea.

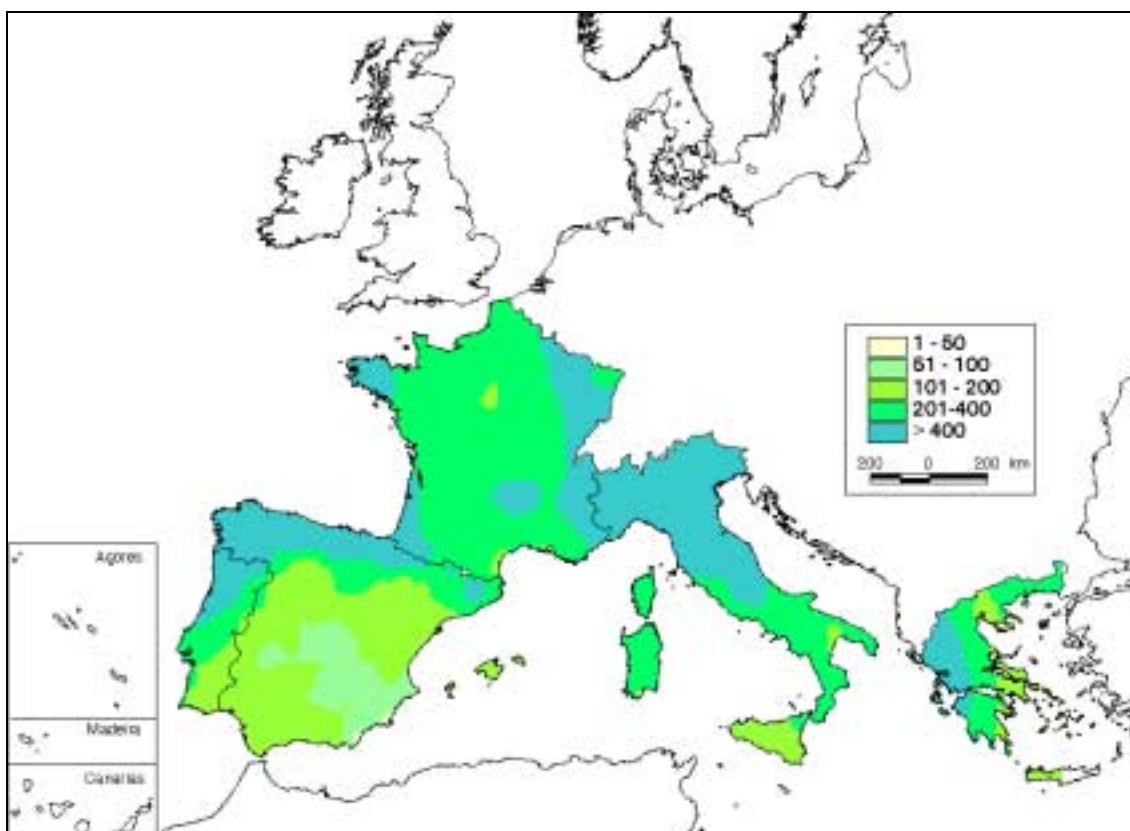


Figura 54. Escorrentía media anual en mm en los países mediterráneos en el periodo 1961-90.  
Fuente: Elaboración propia como diferencia de los mapas de precipitación (Figura 49) y evapotranspiración real (Figura 51)

En la Tabla 12 y en la Figura 55 se muestran, agregados por cuencas, los recursos naturales generados internamente en los distintos territorios, observándose la alta variabilidad espacial que muestra el recurso dentro de algunos países, como en España y Portugal. Este hecho pone de relieve la necesidad de realizar análisis territoriales en lugar de los habituales análisis a escala nacional donde únicamente se considera un valor agregado por país.



<b>País</b>	<b>Cuenca</b>	<b>Recurso interno (hm<sup>3</sup>/año)</b>
Portugal	Minho	954
Portugal	Lima+ancora	1.896
Portugal	Cavado+neiva	2.572
Portugal	Ave+rib.costa1	1.142
Portugal	Leca	189
Portugal	Douro+mangas	8.333
Portugal	Vouga+rib.costa2	2.464
Portugal	Mondego	4.156
Portugal	Lis+rib.costa3	422
Portugal	Rib.do oeste+apostica	661
Portugal	Tejo	7.959
Portugal	Guadiana	1.746
Portugal	Sado+melides	1.427
Portugal	Mira	428
Portugal	Sotavento+barlavento+arade	811
<b>Portugal</b>	<b>Total</b>	<b>35.160</b>
España	Galicia costa	12.250
España	Norte I	12.689
España	Norte II	13.881
España	Norte III	5.337
España	Duero	13.660
España	Tajo	10.883
España	Guadiana I	4.414
España	Guadiana II	1.061
España	Guadalquivir	8.601
España	Sur	2.351
España	Segura	803
España	Júcar	3.432
España	Ebro	17.967
España	Cuencas Internas de Cataluña	2.787
España	Baleares	661
España	Canarias	409
<b>España</b>	<b>Total</b>	<b>111.186</b>
Francia	Artois+Picardie	5.500
Francia	Rhin+Meuse	12.500
Francia	Seine+Normandie	20.000
Francia	Loire+Bretagne	43.000
Francia	Adour+Garonne	46.000
Francia	Rhône+Méditerranée+Corse	58.000
<b>Francia</b>	<b>Total</b>	<b>185.000</b>
Italia	Po	47.000
Italia	Veneto	30.000
Italia	Liguria	4.800
Italia	Romagna e Marche	10.100
Italia	Toscana	9.700
Italia	Lazio	10.300
Italia	Abruzzo e Molise	6.500
Italia	Campania	12.900
Italia	Puglia	2.900
Italia	Calabria e Basilicata	9.800
Italia	Sicilia	4.900
Italia	Sardegna	6.100

<b>País</b>	<b>Cuenca</b>	<b>Recurso interno (hm<sup>3</sup>/año)</b>
<b>Italia</b>	<b>Total</b>	<b>155.000</b>
Grecia	Western Peloponnese	3.750
Grecia	North Peloponnese	3.550
Grecia	Eastern Peloponnese	1.950
Grecia	Western Sterea Hellas	10.600
Grecia	Epirous	5.550
Grecia	Attica	400
Grecia	Eastern Sterea Hellas and Euboia	2.950
Grecia	Thessalia	4.600
Grecia	Western Macedonia	4.950
Grecia	Central Macedonia	4.700
Grecia	Eastern Macedonia	4.200
Grecia	Thrace	1.500
Grecia	Kreta	2.600
Grecia	Aegean islands	1.250
<b>Grecia</b>	<b>Total</b>	<b>52.550</b>
<b>Total</b>		<b>538.896</b>

Tabla 12. Recursos internos por cuencas (hm<sup>3</sup>/año). Fuentes: CEDEX, 1998 a y WRI, 1997

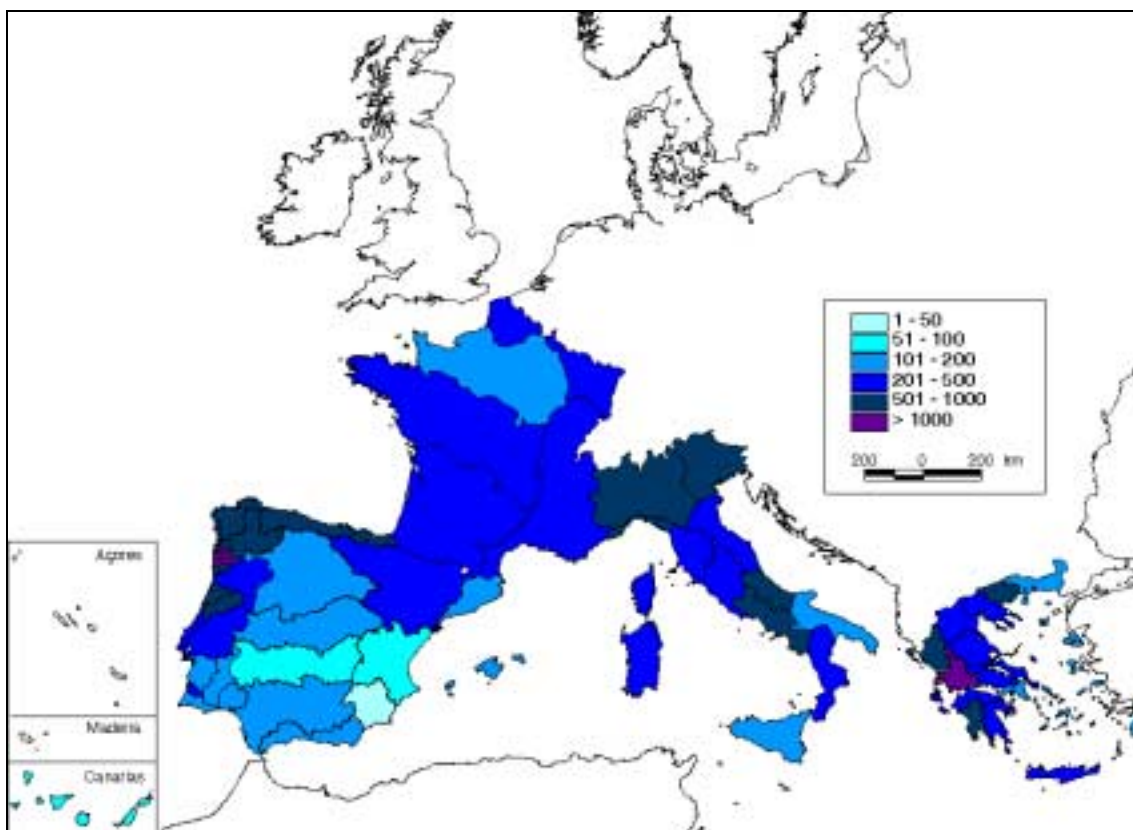


Figura 55. Recurso interno por cuencas (mm). Fuente de los datos: CEDEX, 1998a y WRI, 1997

Los recursos internos generados en los países considerados suman unos 540.000 hm<sup>3</sup>/año, de los que aproximadamente 295.000 hm<sup>3</sup>/año se generan en cuencas

vertientes al Mediterráneo y el resto, unos 245.000 hm<sup>3</sup>/año, se generan en cuencas que vierten al Atlántico.

En la Tabla 13 se muestra un resumen de las cifras de precipitaciones, evapotranspiraciones y recursos por países. El recurso interno generado en los 5 países considerados representa aproximadamente el 45% del generado en los 15 países que forman la actual Unión Europea, porcentaje ligeramente inferior a lo que representan en población y en extensión, 47 y 48%, respectivamente.

País	Precipitación (mm/año)	Precipitación (km <sup>3</sup> /año)	Evapotran spiración real (mm/año)	Evapotrans piración real (km <sup>3</sup> /año)	Recurso interno (mm/año)	Recurso interno (km <sup>3</sup> /año)
Portugal	877	81	498	46	379	35
España	684	346	464	235	220	111
Francia	809	440	469	255	340	185
Italia	982	296	468	141	514	155
Grecia	849	112	447	59	402	53
Total	809	1.275	467	736	342	539
UE	808	2.615	441	1.428	367	1.187

Tabla 13. Precipitación, evapotranspiración real y recurso interno. Valores medios anuales en mm y km<sup>3</sup>. Fuentes: MIMAM, 1998, CEDEX, 1998 a y WRI, 1997

Las cifras anteriores de recursos internos pueden, sin embargo, resultar engañosas. Los aportes externos de agua que reciben algunos países suponen un porcentaje muy alto de sus recursos totales. Teniendo en cuenta estos aportes externos, en la tabla adjunta se muestran los recursos totales anuales per cápita de los países mediterráneos, diferenciándose los recursos hídricos generados en cada país (recursos naturales internos), los aportes desde países vecinos (recursos externos) y los recursos hídricos totales, obtenidos como suma de los anteriores.

País	Población (1995) (mil hab)	Recurso interno (mm)	Recurso interno (km <sup>3</sup> )	Recurso interno (m <sup>3</sup> /hab. año))	Recurso externo (mm)	Recurso externo (km <sup>3</sup> )	Recurso total (mm)	Recurso total (km <sup>3</sup> )	Recurso total (m <sup>3</sup> /hab. año))
Portugal	9.797	379	35	3.573	271	25	650	60	6.124
España	39.109	220	111	2.838	0	0	220	111	2.838
Francia	58.333	340	185	3.171	33	18	373	203	3.480
Italia	57.138	514	155	2.713	27	8	541	163	2.853
Grecia	11.213	402	53	4.727	99	13	501	66	5.886
UE	371.024	367	1.187	3.199			367	1.187	3.199

Tabla 14. Recursos internos, externos y totales en valores medios anuales. Fuentes: MIMAM, 1998, CEDEX, 1998 a y WRI, 1997

Portugal y Grecia son los países donde el recurso externo representa un mayor porcentaje respecto al total, 42 y 20% respectivamente. Portugal recibe los aportes generados en España de ríos como el Duero, Tajo o Guadiana, mientras que las cabeceras de los principales ríos del Norte de Grecia (Axios, Nestos, Strymon/Struma, Ebro) se localizan fuera de su territorio. A estos países, les siguen Francia e Italia con una proporción menor del 10%. En España prácticamente todo el recurso se genera internamente en su territorio.

Portugal y Grecia tienen significativamente más recursos per capita que la media de la Unión Europea y que muchos de los países húmedos centroeuropeos, como Alemania, Dinamarca y Bélgica. Aunque este hecho parece estar en contradicción con la aridez y los problemas de escasez de agua usualmente asociados a todos los países mediterráneos, tiene por una parte su explicación en las densidades de población, que son inferiores a la media de la UE y por otra en las irregularidades espaciales y temporales de los climas mediterráneos, que hacen que sea difícil utilizar directamente los recursos brutos.

España es el país con menor escorrentía total (el 60 % de la media europea y el 57 % de los países considerados), debido a las bajas precipitaciones (el 85% de la media en la UE) y a las altas evapotranspiraciones potenciales (el 152 % de la media en la UE). Si se analizan las aportaciones per cápita, España e Italia son los que presentan un valor más bajo, con unos 2.800 m<sup>3</sup>/(hab.año), lo que supone un 90% del valor medio de la Unión Europea y de Francia y del orden de la mitad de los ya mencionados en Grecia y Portugal.

Las evaluaciones de los recursos a largo plazo anteriores no tienen en cuenta sin embargo la distribución del recurso en el tiempo. Incluso en aquellas zonas donde hay suficientes recursos medios, las variaciones estacionales o interanuales del recurso pueden producir problemas de estrés hídrico. En la Figura 56 se muestra como ejemplo ilustrativo la serie de aportaciones totales anuales en España durante el periodo comprendido entre los años 1940 y 1995, observándose como aunque la media anual es del orden de 110 km<sup>3</sup>, existen bastantes años con aportaciones que escasamente superan los 50 km<sup>3</sup>.

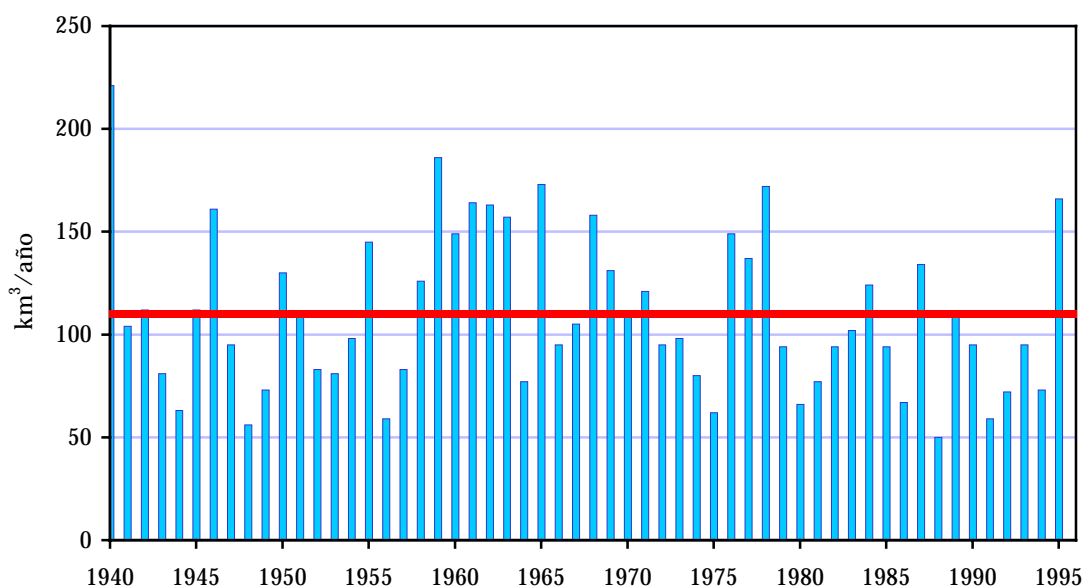


Figura 56. Serie de aportaciones totales anuales en régimen natural en la España peninsular (periodo 1940/41-1995/96). Fuente: MIMAM, 1998

Para los planificadores y gestores de los recursos hídricos, las decisiones sobre los suministros de agua se basan frecuentemente en las aportaciones que esperan en períodos secos o de caudales bajos en los ríos. Un indicador valioso es el percentil del 90% del caudal (Q90) que representa el caudal que es superado el 90% del tiempo. El mapa de la Figura 57 muestra la distribución del Q90 en los países mediterráneos y da una idea de aquellas regiones que potencialmente pueden estar sujetas a problemas estacionales de estrés hídrico. Estos son más pronunciados en la Península Ibérica.

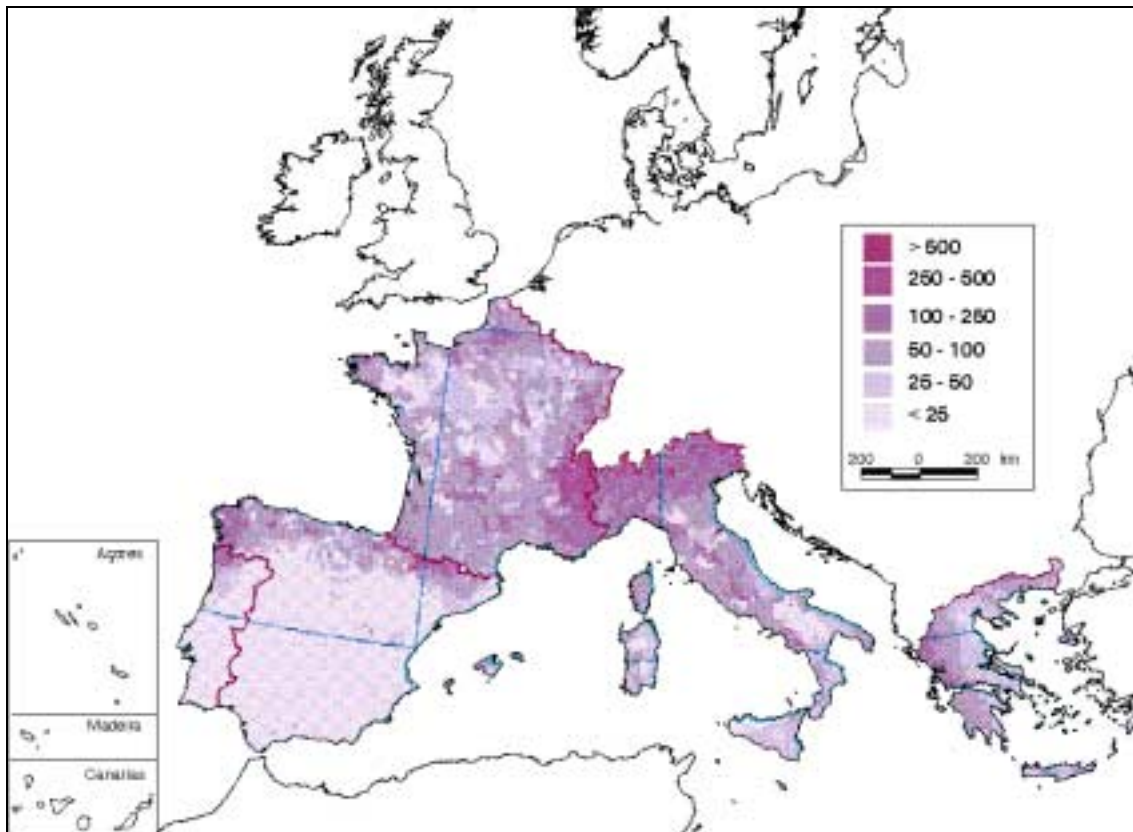


Figura 57. Distribución media anual de los Q90 en mm (elaborada a partir de EEA, 1998)

### 5.1.3 *Los recursos hídricos de origen subterráneo*

La mayor parte del agua que recarga los acuíferos descarga diferida en el tiempo a la red fluvial, de forma difusa o a través de manantiales y en muchas cuencas es una parte importante de la aportación de los ríos. Otra parte, en general mucho más reducida, se transfiere subterráneamente a otros acuíferos o descarga al mar, en el caso de los acuíferos costeros.

Las características de los acuíferos en los países considerados son muy variadas, tal como se muestra en la Figura 58 y se describe en los párrafos siguientes. En esta figura, RIVM-RIZA (1991) realizaron una categorización cualitativa de los acuíferos a partir de una sencilla transposición de una carta litológica.

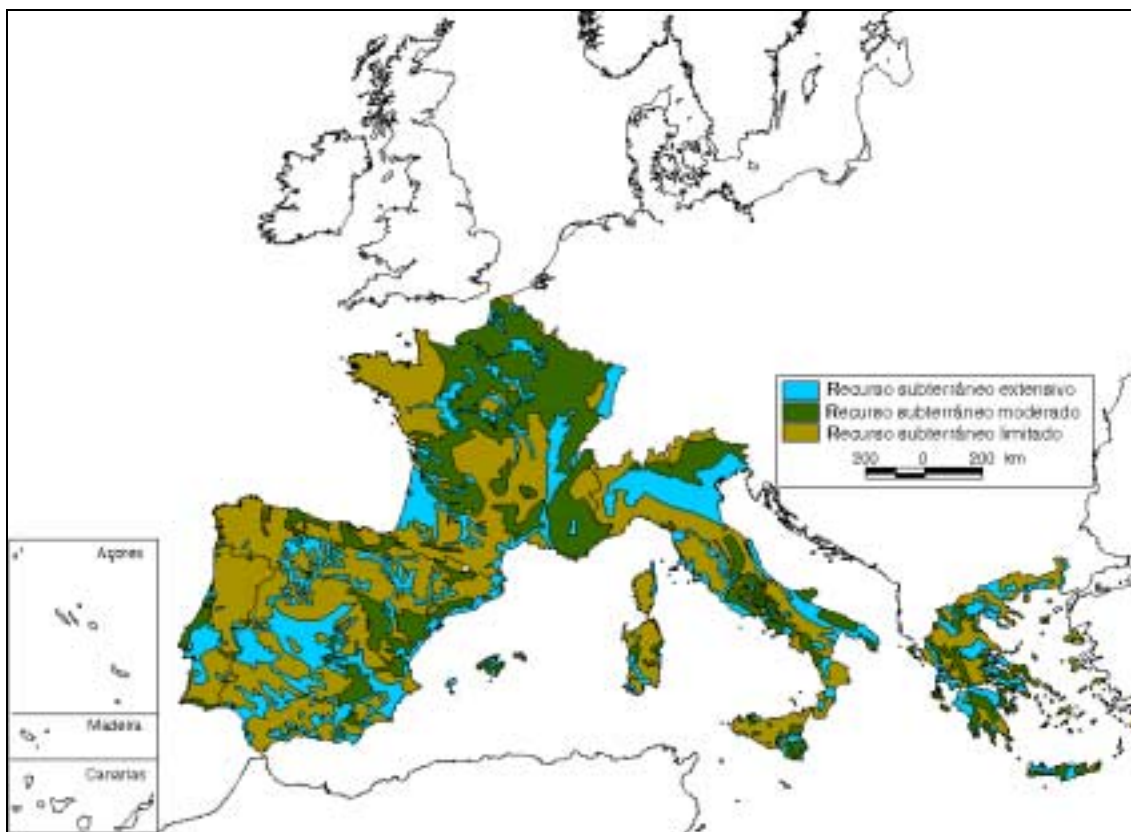


Figura 58. Tipología de los recursos subterráneos en los países mediterráneos de la UE. Fuente: RIVM-RIZA, 1991

En Portugal los principales sistemas de acuíferos se encuentran en medios poroso y kárstico, con unas áreas de 26.000 km<sup>2</sup> (29% del territorio nacional) y 5.500 km<sup>2</sup> (6% del territorio), respectivamente. El sistema de acuíferos está localizado en el borde mesozoico meridional y occidental y en las cuencas terciarias de Tejo y Sado.

En España, se han identificado y delimitado acuíferos en más de un tercio del territorio. Los acuíferos en medio poroso cubren un área de unos 80.000 km<sup>2</sup> (16% de todo el territorio), los situados en medio kárstico se extienden sobre un área de unos 55.000 km<sup>2</sup> (11% del territorio) y acuíferos situados en otros medios cubren una superficie de unos 39.000 km<sup>2</sup> (8% del territorio).

En Francia el 30% de las aguas subterráneas se localizan sobre medio poroso, menos del 10% en medio kárstico y cerca del 60% en otros medios.

En Italia se estima que más del 50% de los recursos subterráneos se localizan en medio poroso, unos 160.000 km<sup>2</sup> en extensión (53% del territorio nacional). Los acuíferos subterráneos en medios kársticos se extienden sobre una superficie de unos 51.000 km<sup>2</sup> (17% del territorio) y finalmente hay también recursos subterráneos en menor cantidad en rocas volcánicas, extendiéndose sobre unos 13.000 km<sup>2</sup> (4 % del territorio).

En Grecia, una gran proporción de los recursos subterráneos (más del 70%) se localizan sobre medio kárstico.

El conocimiento de la recarga a los acuíferos resulta de gran interés teórico y práctico sobre la potencialidad de las aguas subterráneas en un territorio, pues con carácter general viene a acotar las posibilidades máximas de explotación sostenible de las aguas subterráneas. Conviene incidir sin embargo en que las cifras de recarga no son equivalentes a los recursos subterráneos disponibles, ya que una gran parte de la recarga no es explotable bajo criterios técnicos y económicos, y otra no está disponible pues sirve para conservar el caudal de base de los ríos, los niveles de agua en ciertos medios acuáticos dependientes de los acuíferos o para prevenir la intrusión marina en acuíferos costeros.

En la Tabla 15 se muestran los porcentajes que representan las recargas naturales respecto al recurso interno de cada país. Se observa que Francia es, con diferencia, el país donde un porcentaje mayor del recurso tiene origen subterráneo, más del 50%, seguido de Italia y España, con cerca del 30%. En Grecia esta fracción es inferior al 20% y en Portugal apenas excede el 10%. Conviene mencionar en cualquier caso que no siempre se entiende lo mismo por recarga al acuífero y que diferentes métodos de estimación pueden producir diferencias apreciables en los resultados.

País	Recurso natural de origen interno (km <sup>3</sup> /año) (1)	Recarga a los acuíferos en régimen natural (km <sup>3</sup> /año) (2)	Porcentaje de la recarga a los acuíferos respecto al recurso interno (2)/(1)*100
Portugal	35	4	11
España	111	30	27
Francia	185	100	54
Italia	155	43	28
Grecia	53	10	19
Total	539	187	35

Tabla 15. Recarga a los acuíferos y porcentaje respecto al recurso natural total. Fuentes: Margat, 2.000, CEDEX, 1998 a, WRI, 1997, Margat and Vallée, 1998 y Carmona, 1999

Aunque la mayor parte del agua que recarga los acuíferos acaba drenando a los ríos y manantiales de forma diferida en el tiempo, en el caso de los acuíferos costeros una parte de su recarga, usualmente pequeña, sale directamente al mar. En la Tabla 16 se muestra para los distintos países, la recarga y su desglose en la parte que contribuye a la aportación de la red fluvial y la parte que va directamente al mar, observándose que Grecia e Italia son los países donde las salidas al mar son porcentualmente mayores, hecho explicable por la mayor proporción de sus acuíferos costeros.

País	Recarga a los acuíferos en régimen de recarga natural (km <sup>3</sup> /año) (1)	Contribución de la recarga a la red fluvial a la aportación de la red fluvial (km <sup>3</sup> /año) (2)	Salidas al mar (km <sup>3</sup> /año) (3)	Porcentaje de las salidas al mar respecto a la recarga natural (3)/(1)*100
Portugal	4	4	0	despreciables
España	30	28	2	7
Francia	100	98	2	2
Italia	43	31	8	19
Grecia	10	8	2	20
Total	187	169	18	10

Tabla 16. Separación de la recarga en su contribución a la red fluvial y en las salidas al mar.  
Fuente: Margat, 2.000

Las cifras mostradas en las tablas anteriores son valores medios anuales. Sin embargo, no debe olvidarse que al igual que sucede con otras variables, como las precipitaciones o las aportaciones de los ríos, la recarga de muchos acuíferos presenta una gran variabilidad interanual, tal y como se observa en la Figura 59, donde se ha representado la serie de recargas anuales del acuífero de la Mancha Oriental en España (Estrela y otros, 1999).

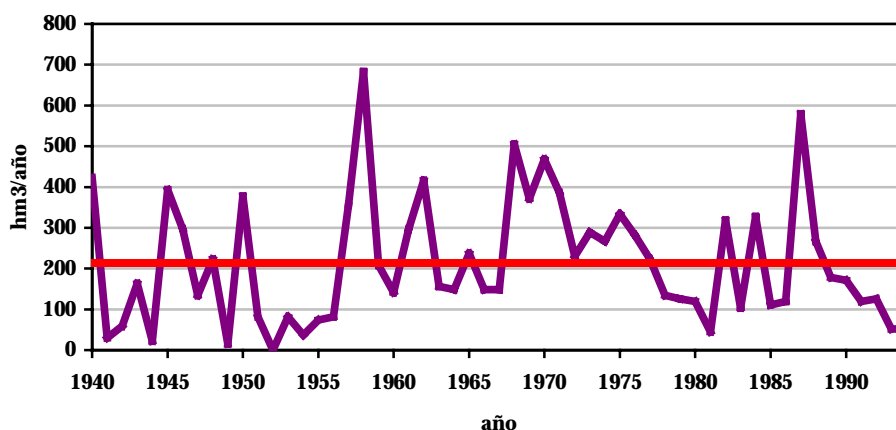


Figura 59. Recarga por infiltración de lluvia (hm<sup>3</sup>/año) en la unidad hidrogeológica de la Mancha Oriental (periodo 1940/41 a 1995/96)

## 5.2 Los recursos hídricos disponibles

### 5.2.1 Introducción

La irregularidad temporal de los recursos impide que éstos puedan ser aprovechados en su totalidad en la satisfacción de las diferentes necesidades de agua, de forma que los recursos realmente disponibles son inferiores a los naturales.



El concepto de recurso disponible está ligado a las posibilidades de movilización de los recursos. En la práctica, esa movilización y consiguiente disponibilidad de los recursos puede obtenerse mediante captación directa del río o acuífero, aprovechando los volúmenes almacenados en embalses de regulación, etc.

Los recursos disponibles de un territorio están formados por los recursos denominados convencionales y también por los no convencionales. Aunque el concepto de convencionalidad de los recursos está asociado al estado de las tecnologías existentes en cada momento, en la actualidad se suelen denominar recursos convencionales los regulados superficialmente mediante embalses y los explotados desde las aguas subterráneas y recursos no convencionales los obtenidos mediante reutilización directa de las aguas residuales, la desalación de aguas marinas y salobres, etc (MIMAM, 1998).

Los recursos disponibles en cada país, convencionales y no convencionales, configuran la oferta de recursos con que atender las diferentes necesidades de agua.

#### *5.2.2 Recursos convencionales. Los recursos regulados con embalses y los explotados subterráneamente*

En general no es fácil estimar y establecer comparaciones entre los recursos disponibles de distintos países, e incluso entre los de distintas regiones de un mismo país, pues no siempre se emplean los mismos criterios en cuanto a modulación de demandas, evaluación de volúmenes regulados en embalses, utilización de aguas subterráneas, consideración de caudales ambientales y retornos, garantía de suministro, consideración de todo el territorio o solo el de las cuencas de los ríos principales, inclusión o no de las aguas trasvasadas, gestión conjunta o unitaria de los embalses, etc (MIMAM, 1998).

En cualquier caso y aún a sabiendas de todas estas dificultades, en la Tabla 17 se muestran distintas estimaciones de los recursos disponibles y el porcentaje que representan respecto al recurso total. Este porcentaje varía entre el 27% en el caso de Portugal y el 67% en el caso de Italia, con un valor medio para el conjunto de los países del orden del 50%.

País	Recurso total (km <sup>3</sup> /año)	Recurso disponible (km <sup>3</sup> /año)	Porcentaje del recurso disponible respecto al total
Portugal	60	16 <sup>13</sup>	27
España	111	45 <sup>14</sup>	41
Francia	203	100	49
Italia	163	110 <sup>15</sup>	67
Grecia	66	40	61
Total	603	311	52
UE	1.187	-	-

Tabla 17. Recursos disponibles por países. Fuentes: MIMAM, 1998, CEDEX, 1998 a, WRI, 1997, Carmona 1999 y Margat, 2000

En el caso de las aguas subterráneas habría que diferenciar entre el recurso subterráneo explotable bajo criterios técnicos, económicos y ambientales razonables y el recurso realmente explotado. En la Tabla 18 se muestran ambas cifras, las cuales proporcionan una idea de las disponibilidades potenciales y actuales del agua subterránea. Debe considerarse en cualquier caso que no son por ejemplo cifras aditivas que puedan sumarse de forma directa a las correspondientes al recurso regulado superficialmente, ya que en muchas ocasiones el aprovechamiento de las aguas subterráneas puede afectar a los volúmenes regulados superficialmente.

País	Recurso subterráneo explotable (km <sup>3</sup> /año)	Recurso explotado mediante bombeos (km <sup>3</sup> /año)	Porcentaje del recurso explotado respecto al explotable
Portugal	-	3	-
España	-	5	-
Francia	30	7	23
Italia	-	13	-
Grecia	2,5	1	40
UE	-	44	-

Tabla 18. Recurso subterráneo explotable y explotado por países. Fuente: Margat, 2000 para el recurso explotable y EEA, 1999c para los bombeos

Por otra parte, si se comparan los bombeos con la recarga de los acuíferos se tiene una idea del grado de explotación de los recursos subterráneos. En la Tabla 19 se observa que Portugal es el país con un mayor aprovechamiento de sus recursos subterráneos, más del 70%, mientras que en Francia, donde proporcionalmente la recarga es mayor, el grado de utilización de las aguas subterráneas es escaso. Como es obvio, estos datos agregados que se ofrecen pueden englobar situaciones regionales y locales muy diversas, que no han sido objeto de este análisis.

<sup>13</sup> Recurso disponible garantizado para un nivel de confianza 95%

<sup>14</sup> El recurso disponible se define como consecuencia del conjunto de restricciones técnicas que limitan el posible aprovechamiento del recurso natural o potencial

<sup>15</sup> El valor de recurso disponible para el caso de Italia representa la porción de escorrentía superficial que técnica y económicamente puede explotarse (recurso potencial)

País	Recarga de los acuíferos (km <sup>3</sup> /año)	Bombes (km <sup>3</sup> /año)	Porcentaje de bombeo respecto a la recarga
Portugal	4	3	75
España	30	5	17
Francia	100	7	7
Italia	43	13	30
Grecia	10	1	10
UE	-	44	-

Tabla 19. Explotación de las aguas subterráneas por países. Fuentes: Margat, 2000, Margat and Vallée, 1998, Carmona, 1999 y EEA, 1999c

### 5.2.3 Recursos no convencionales. La reutilización y la desalación de agua del mar.

Las aguas residuales han venido siendo reutilizadas tradicionalmente por tomas situadas aguas abajo del punto de incorporación al cauce (reutilización indirecta). En los últimos años está cobrando un auge importante lo que se denomina reutilización directa, que se distingue de la anterior en que el segundo uso se produce a continuación del primero, sin que entre ambos el agua se incorpore a ningún cauce público (MIMAM, 1998).

Mediante reutilización se obtienen actualmente en España unos 230 hm<sup>3</sup> anuales, utilizados fundamentalmente para riego (89%), áreas recreacionales y campos de golf (6%), uso municipal (2%), usos ambientales (2%) y usos industriales (1%) (MIMAM, 1998). Su aplicación se localiza en las franjas costeras mediterránea y sudatlántica y en el territorio insular. Francia tiene ya una larga experiencia en la reutilización directa de efluentes, siendo generalmente utilizados para el riego. Las mayores aplicaciones se efectúan en las áreas del Sur y zonas costeras, donde es necesario compensar las deficiencias del recurso convencional. Se prevé para un futuro extender por ejemplo la práctica de la recarga artificial de los acuíferos con efluentes previamente tratados, para así incrementar las reservas subterráneas de agua. En Portugal se espera que en el año 2.000 el volumen de las aguas residuales reutilizadas será aproximadamente el 10% de las necesidades de agua para el riego en años secos. Se estima que entre 35.000 y 100.000 ha puedan ser regadas con aguas reutilizadas.

La reutilización de las aguas en todos estos países es, en cualquier caso, escasa en la actualidad, debido, entre otras causas, al rechazo de los potenciales usuarios.

Otra técnica de incremento de las disponibilidades usualmente considerada como no convencional es la desalación del agua, consistente, como su nombre indica, en tratar aguas saladas o salobres procedentes del mar o de acuíferos salinos y, quitándoles las sales, transformarlas en aguas aptas para usos como el abastecimiento de poblaciones o los riegos.

En la Tabla 20 se muestra la situación de la desalación (año 1996), según datos elaborados a partir del inventario de la Asociación Internacional de la Desalación (IDA,1996).

País	Número de plantas	Capacidad total (m <sup>3</sup> /día)	Capacidad media por planta (m <sup>3</sup> /día.planta)
Portugal	4	5.920	1.500
España	167	490.000	2.900
Francia	18	29.000	1.600
Italia	120	513.000	4.300
Grecia	14	36.000	2.600

Tabla 20. Situación actual de la desalación (Fuente: elaborada a partir de IDA,1996)

En la tabla anterior destaca muy significativamente la utilización actual de esta tecnología en Italia y España, si se compara con los restantes países.

A continuación se muestra una síntesis de las principales características de la desalación, elaborada con los datos reflejados en el inventario de la IDA de 1996.

Italia tiene una capacidad total superior a los 500.00 m<sup>3</sup>/día. Las localidades con mayor capacidad instalada son las de Gela, que dispone de una capacidad próxima a los 90.000 m<sup>3</sup>/día para uso industrial distribuidas en 5 plantas y la isla de Sicilia, con algo más de 70.000 m<sup>3</sup>/día también en 5 plantas para uso urbano. La planta de mayor capacidad, 30.000 m<sup>3</sup>/día, se encuentra en Gela.

En España, la capacidad instalada está próxima a los 500.000 m<sup>3</sup>/día, cifra muy similar a la de Italia. La mayor planta se encuentra en la ciudad de Mallorca, en las islas Baleares, con 30.000 m<sup>3</sup>/día. Funciona con aguas salobres que se desalan para uso municipal. En esas islas y fundamentalmente en las islas Canarias, donde se dispone de una capacidad total de 280.000 m<sup>3</sup>/día, se produce la mayor concentración de plantas desaladoras, aunque también existe un número significativo en el territorio peninsular, fundamentalmente en las áreas localizadas en el Sudeste.

En Grecia, donde no se alcanzan los 40.000 m<sup>3</sup>/día de capacidad total, la planta mayor se encuentra en Corfu y tiene una capacidad de 14.500 m<sup>3</sup>/día. Las aguas desaladas se utilizan para uso municipal.

En Francia, la mayor planta de las 18 existentes es de la empresa Heineken y tiene una capacidad de 4.800 m<sup>3</sup>/día.

En Portugal, que únicamente dispone de 4 plantas, la de mayor capacidad, 3.120 m<sup>3</sup>/día, desala agua salobre para uso energético. La desalación prácticamente sólo interesa en las Regiones Autónomas de Azores y Madeira (Serra, 2000).

La desalación de aguas salobres de calidad deficiente es una fuente de recursos para cubrir las necesidades de los regadíos de las comarcas hídricamente menos favorecidas. En general, la composición química de las aguas desaladas satisface sobradamente las exigencias cualitativas de los cultivos más sensibles a la salinidad. La mezcla con otras aguas de peor calidad hasta obtener un agua con los límites de salinidad admisibles por la especie cultivada lleva a un aumento del volumen disponible y a una reducción de costes.

Las plantas desaladoras empleadas en la agricultura en España suelen tratar aguas salobres de origen subterráneo cuya extracción genera un costo de magnitud considerable. La Tabla 21 muestra la importancia de esta tecnología en algunas comunidades españolas.

Comunidad Autónoma	Agua desalada para riego a partir de aguas solubles(m <sup>3</sup> /día)	% respecto al total de la producción de agua desalada
Andalucía	3.100	3,07
Islas Baleares	NS <sup>16</sup>	NS
Cataluña	1000	3,23
Islas Canarias	33.039	15,19
Castilla-La Mancha	NS	NS
Valencia	16.000	32,99
Murcia	31.280	84,54
Otras	NS	NS
TOTAL	81.419	15,95

Tabla 21. Distribución geográfica en España de la producción de agua desalada para riego, partiendo de aguas salobres, Diciembre, 1996. (Fuente: Cánovas, 1998) NS = no significativo

La tecnología de la desalación, sin embargo, presenta todavía problemas como la eliminación de salmueras, los altos costes energéticos o la alta repercusión de la amortización de la inversión por la corta vida de las instalaciones (EEA, 1995). No obstante, en las zonas en las que los recursos convencionales se encuentran sobreexplotados, particularmente las aguas subterráneas, el coste del agua desalada puede resultar competitivo. Este hecho, unido a que las mejoras técnicas de las instalaciones: mejores membranas y técnicas de recuperación de la energía residual de los caudales de rechazo, hace que la tecnología de la desalación sea una fuente de recursos con cada vez mayores posibilidades de implantación.

#### 5.2.4 Las transferencias entre cuencas

Existen bastantes ejemplos de transferencias entre cuencas en los países de la Europa mediterránea. A continuación se describen brevemente las características de las principales transferencias.

<sup>16</sup> NS no significativo

En España, la transferencia más importante es la que se lleva a cabo mediante el Acueducto Tajo-Segura (ATS), que permite trasvasar aguas de la cuenca alta del Tajo, en la vertiente atlántica de la península ibérica, a las cuencas del Guadiana, Sur, Segura y Júcar (Figura 60), éstas tres últimas en la vertiente mediterránea. La capacidad de la conducción está próxima a los 1.000 hm<sup>3</sup>/año en régimen continuo y uniforme. Los recursos trasvasados desde 1979, año en que comienzan los envíos, hasta el año 1996/97, alcanzan una media anual próxima a los 300 hm<sup>3</sup>. La mayor parte de estos recursos se utiliza en la cuenca del Segura para abastecimiento de población y regadíos. Aparte de esta transferencia, también existen otras transferencias desde el Ebro a los ámbitos de los Planes de cuenca del Norte II, Norte III y de las Cuencas Internas de Cataluña (MIMAM, 1998)

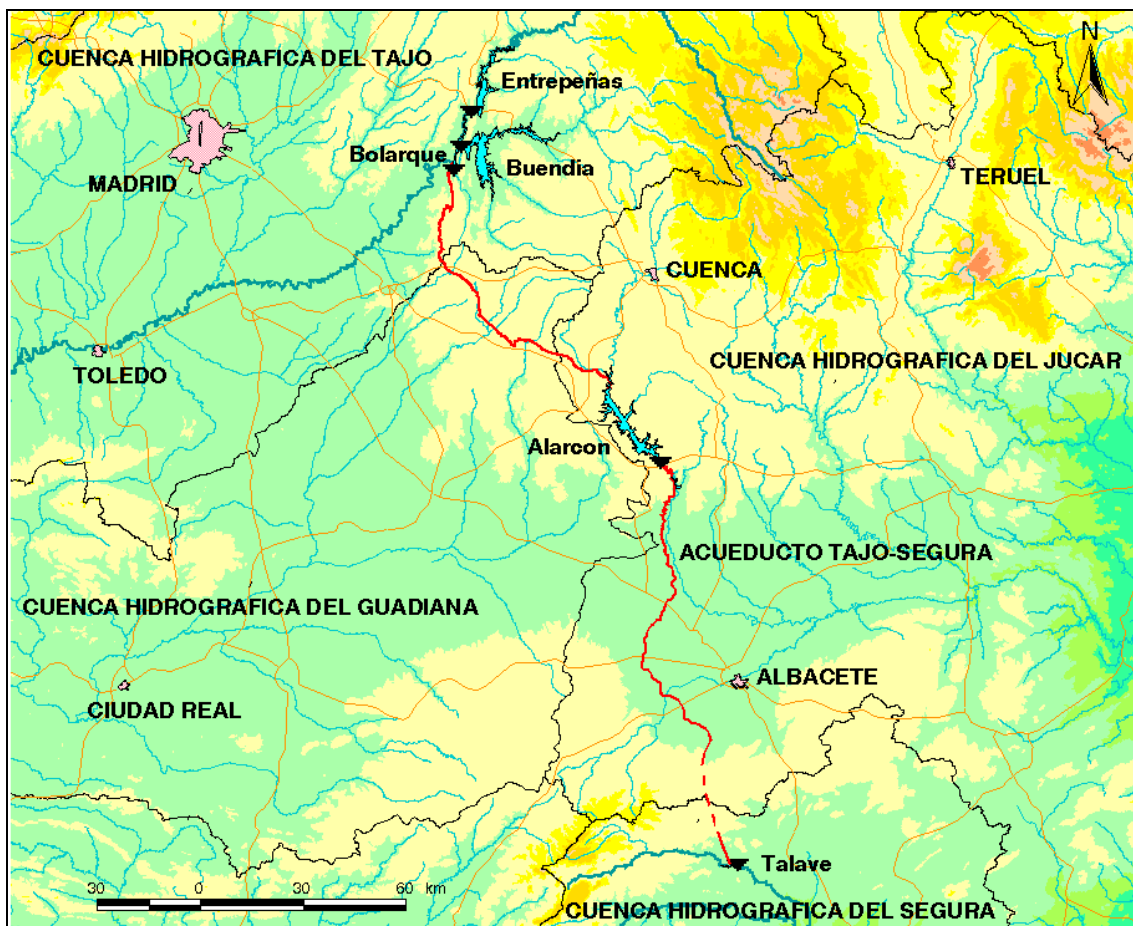


Figura 60. Transferencia Tajo - Segura en España (tomada de MIMAM, 1998)

Los dos trasvases más importantes en Francia afectan a la cuenca del Ródano: el canal de Provence y el trasvase del Bajo Ródano al Languedoc. Estos trasvases se concibieron inicialmente con fines energéticos y agrícolas y han modificado su utilización para servir al abastecimiento urbano y a las actividades turísticas. Presentan la particularidad de no haber sido objeto de serias reclamaciones, a pesar de presentar ciertos impactos importantes. Según Barraqué (2000) la principal razón por la que no se han producido serias disputas es que las zonas

que conectan pertenecen a una misma región administrativa y también a una misma Agencia del agua.

El canal de Provence se trata de un sistema hidráulico que deriva agua del río Verdon para abastecer una extensa zona que se sitúa entre el propio río Verdon, y las ciudades de Marsella y Toulon (Figura 61). En cabecera dispone de una capacidad de 40 m<sup>3</sup>/s. En conjunto, las conducciones de transporte representan unos 100 km de canal a cielo abierto y unos 130 km de galerías. En 1986, las obras de distribución ejecutadas permitían trasvasar anualmente 150 hm<sup>3</sup>, cifra muy inferior a la capacidad existente en cabecera. Los usos inicialmente previstos para el trasvase comprendían el riego de 60.000 ha y el abastecimiento a las ciudades de Marsella, Toulon y Aix-en-Provence hasta el año 2000 (CEDEX, 1994).

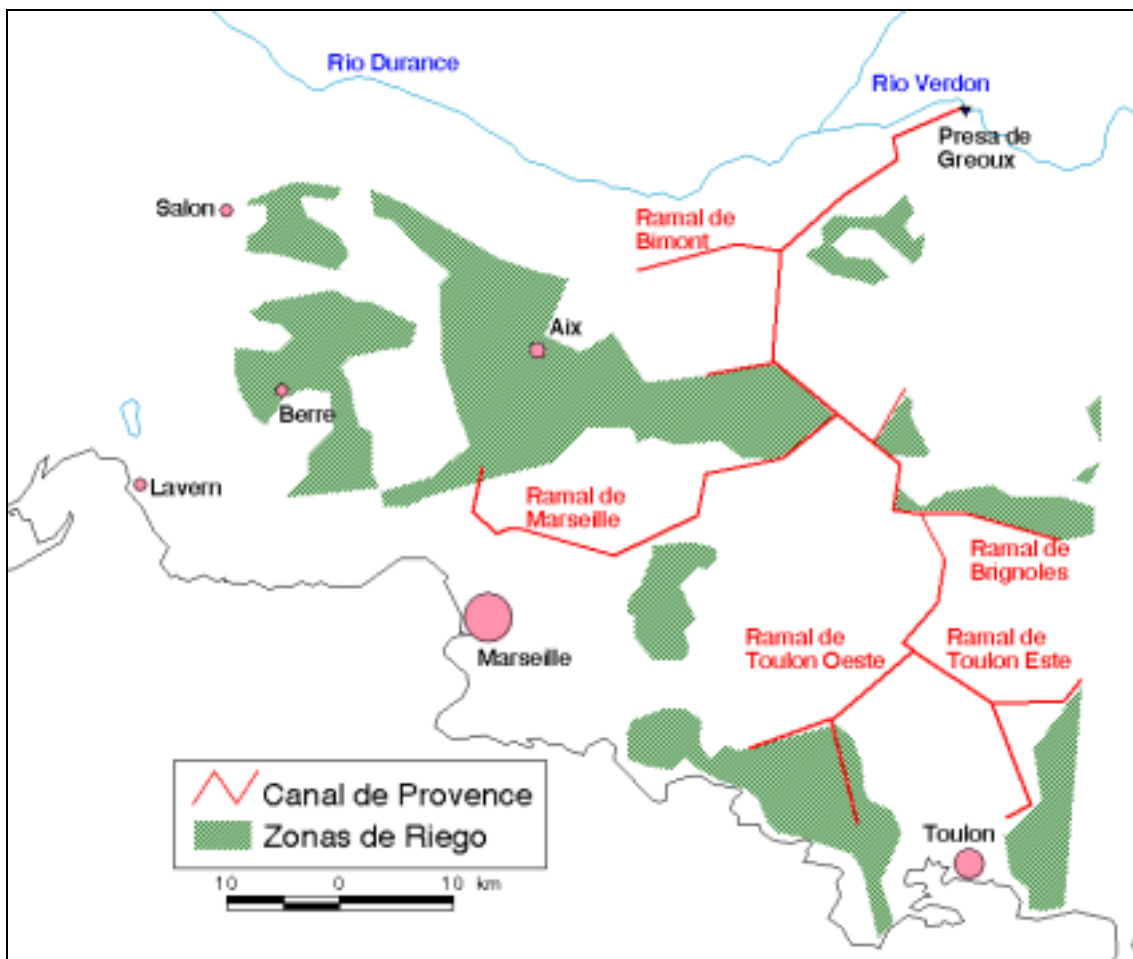


Figura 61. Canal de Provence (elaborada a partir de CEDEX, 1994)

El proyecto de trasvase Bajo Ródano-Languedoc (Figura 62) está constituido por un canal de derivación situado en la margen derecha del Ródano, aguas arriba de Arles, cuya capacidad es de 75 m<sup>3</sup>/s. El caudal medio del Ródano aguas arriba de la derivación fue, durante el periodo 1976-1979, de 1870 m<sup>3</sup>/s (Unesco, 1985), por lo que el trasvase potencial supone del orden de un 4% de la

aportación media anual del Ródano. Paradójicamente, las dificultades de este trasvase no han aparecido en la zona de origen de las aguas, cuyos habitantes no se han sentido lesionados por una derivación de aguas próxima a la desembocadura, sino en la zona receptora, mostrándose los habitantes de Languedoc, supuestos beneficiarios del trasvase, verdaderamente reticentes a la reconversión. Ello se aprecia en la lenta evolución de las superficies transformadas: 60.000 ha en 1970, después de doce años de trabajo y 100.000 ha en 1990 (Bethemont, 1990)

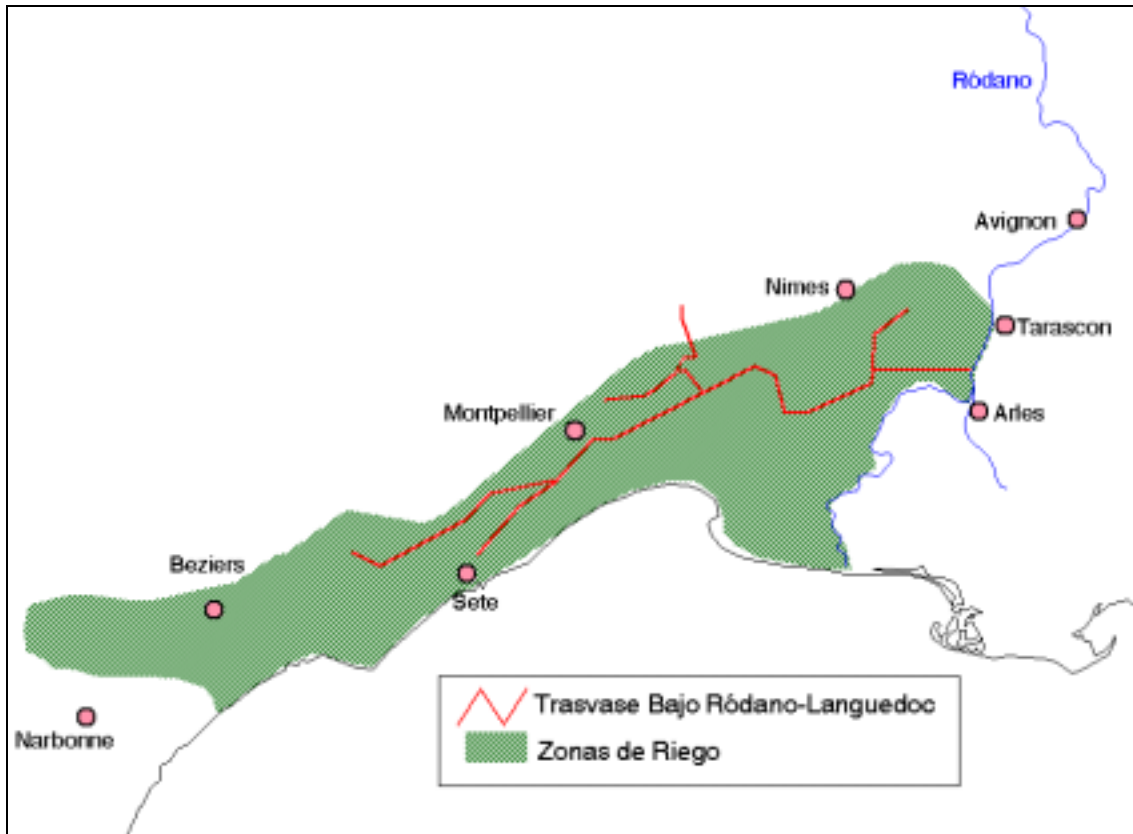


Figura 62. Trasvase Bajo Ródano-Languedoc (elaborada a partir de CEDEX, 1994)

Grecia cuenta con diversos trasvases que permiten comunicar la vertiente jónica, que dispone de abundantes recursos hídricos, con la vertiente egea, donde se hallan las mayores vegas cultivables y las ciudades de Atenas y Salónica, que concentran el 40% de la población griega y la mayor parte de las actividades industriales.

La ciudad de Atenas, con 3,5 millones de habitantes, no dispone de suficientes recursos hídricos en su propia cuenca, por lo que también ha sido preciso utilizar recursos exteriores (Figura 63). Estas actuaciones comienzan en 1929 con la construcción de la presa de Marathon. Al comienzo de los años 60 y para hacer frente a la creciente demanda derivada del rápido aumento de población, este embalse se conecta con el lago Illiki mediante un canal de unos 60 km de longitud. Posteriormente se precisa una nueva ampliación, para lo que se



recurre a un trasvase del río Mornos, al norte del golfo de Corinto. El canal, inaugurado en 1979, discurre paralelamente a la costa a lo largo de 180 km, parte enterrado y parte a cielo abierto. Su capacidad varía entre 11 y 13 m<sup>3</sup>/s. La cuenca de origen es particularmente húmeda, con precipitaciones medias de unos 1.350 mm/año (Sivignon, 1990)

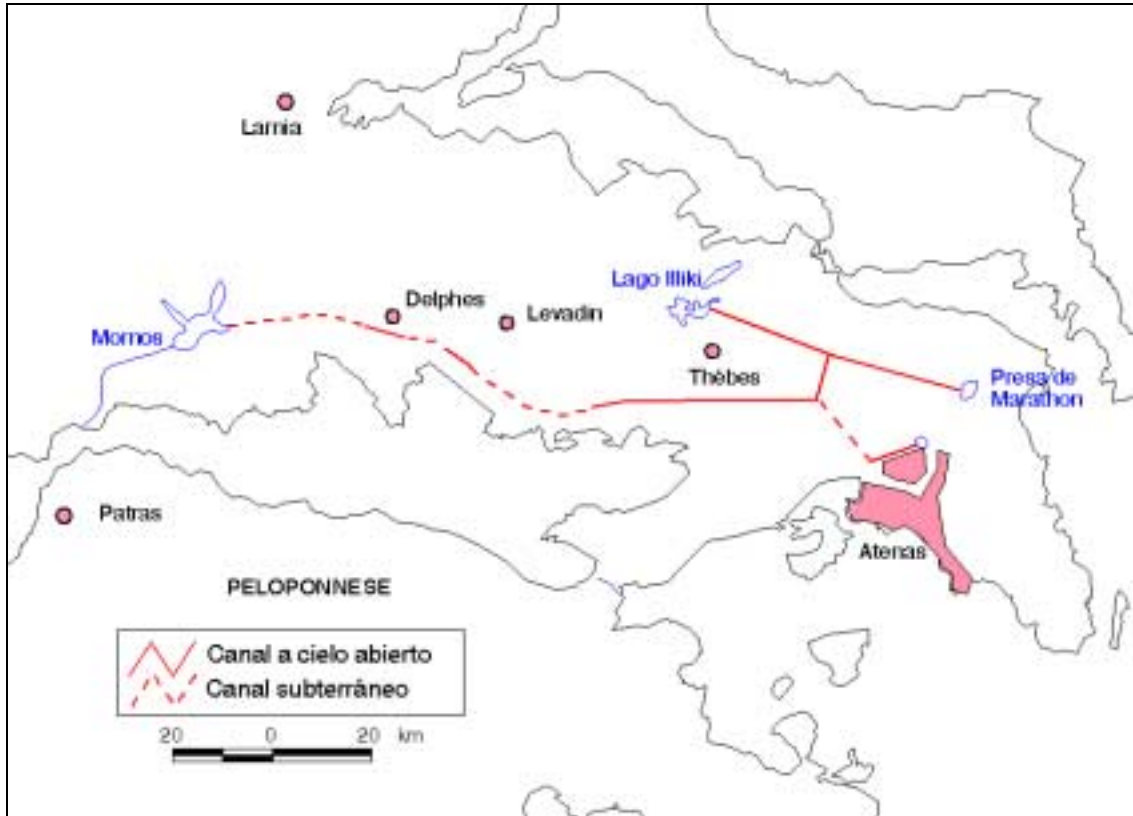


Figura 63. Abastecimiento de Atenas (elaborada a partir de CEDEX, 1994)

Portugal solo tiene pequeñas transferencias de agua entre las cuencas de los ríos Mondego (embalse de Alto Ceira) y Tajo (embalse de Sta. Luzia) para la producción hidroeléctrica, Sado-Morgavel, con el objetivo de suministro de agua, la transferencia desde el embalse de Castelo de Bode a Lisboa y el sistema en construcción Beliche-Odeleite (Guadiana-Algarve).

En la Italia peninsular existe una transferencia muy conocida, la del Aquedotto Pugliese en la parte sur del país. En la isla de Cerdeña se encuentra una transferencia, que conecta la cuenca de Flumendosa y la llanura de Campidano. Una conducción en canal abierto de 147 km de longitud y una tubería subterránea de 23 km transportan el agua desde los embalses de Flumendosa y Mulargia (2,5 hm<sup>3</sup> de capacidad) para usos domésticos, agrícolas, industriales y turísticos (EEA, 1996a).

### 5.3 Los usos del agua: estado actual y predicciones futuras

#### 5.3.1 Los requerimientos ambientales

Los requerimientos ambientales no suponen un uso del agua sino que constituyen restricciones en la propia utilización del agua del medio natural (MIMAM, 1998).

Un requerimiento ambiental de gran importancia es el caudal que permite mantener un hábitat fluvial con la capacidad suficiente para sostener la vida del medio acuático y de la ribera. En la actualidad se viene utilizando un conjunto de términos variado para este concepto, tales como caudales *ambientales*, *ecológicos*, *mínimos*, *de reserva*, *de mantenimiento* etc.

Aunque en principio puede pensarse que los mejores caudales son los que imitan el régimen natural, también es cierto que este régimen natural ya no existe en muchos ríos y, además, las especies y ecosistemas ya han cambiado adaptándose al régimen actual.

Si se pretende recuperar las condiciones originales de biodiversidad, especies y ecosistemas anteriores a la detracción de caudales del medio, el término podría ser *caudal ecológico*, de frecuente utilización en España. Pero si se intenta preservar las condiciones ambientales actuales, resultado de las actuaciones llevadas a cabo a lo largo de la historia, el término más adecuado podría ser *caudal de mantenimiento*.

Algunos de los países mediterráneos, como son los casos de España, Francia y Portugal, han incluido en sus respectivas legislaciones y en la planificación de cuencas hidrográficas, planes donde se consideran los caudales mínimos en los ríos. A pesar de iniciativas como éstas, todavía sigue siendo difícil establecer caudales mínimos por la falta de conocimiento científico respecto a los requerimientos de los ecosistemas acuáticos y ribereños.

En España, los requerimientos ambientales han sido abordados con carácter normativo en la legislación autonómica relativa a la protección de la pesca y la conservación de los ecosistemas acuáticos. Las consideraciones establecidas por las Comunidades Autónomas (CCAA) en su legislación son muy variables. Así, el Principado de Asturias establece distintas fórmulas para determinar el caudal mínimo que debe circular en ríos donde se instalen minicentrales, de acuerdo con las características de la fauna piscícola (truchas, salmones y otros); la Comunidad Foral de Navarra establece caudales ecológicos para una serie de tramos de ríos; Castilla-La Mancha y Galicia establecen como caudal ecológico mínimo el 10% del caudal medio anual, etc. Por su parte, los Planes Hidrológicos de cuenca fijan, aunque no en todos los casos, unos caudales ecológicos o mínimos. Estos caudales son muy dispares, variando desde el 1% al 10% de la aportación media anual (MIMAM, 1998).

En Francia, el concepto establecido de *caudal de reserva* está fijado en al menos un 10 % de la aportación media anual (Barraqué, 2000). Por otra parte, la ley de Pesca de 1984 propone que se mantengan unos caudales mínimos en los ríos para la conservación del ecosistema.

En Portugal se están realizando investigaciones con el objetivo de definir los caudales ecológicos en los ríos necesarios para la protección y conservación de los ecosistemas.

En la Directiva Marco del Agua no aparece el concepto de caudal mínimo o ecológico, aunque sí se encuentra de forma implícita en la evaluación del estado de las aguas superficiales. Entre los indicadores hidromorfológicos que afectan a los indicadores biológicos se encuentran el caudal y la hidrodinámica del río, de manera que el estado ecológico de las aguas se va encontrando más deteriorado a medida que estos factores alteran los valores de los indicadores de calidad biológicos. De lo cual se deduce que se debe mantener un régimen adecuado en las corrientes fluviales para conseguir un buen estado de los ecosistemas asociados.

### *5.3.2 El conocimiento de los usos y demandas. Conceptos y definiciones*

El conocimiento de las demandas y usos del agua es una tarea imprescindible si se quiere realizar una correcta planificación y gestión de los recursos hídricos de un territorio.

Con carácter general, en la mayoría de los países hay una grave carencia de estadísticas sobre las demandas y usos del agua, con lo que el conocimiento de los datos históricos adquiere una incertidumbre a veces similar a la que afecta a las predicciones futuras. Esta incertidumbre, unida a la influencia de numerosos factores exógenos en la constitución de las demandas, hace que la previsión de las demandas futuras presente una especial dificultad y es frecuente encontrar importantes desviaciones entre las demandas inicialmente previstas y las finalmente resultantes en la realidad (Figura 64). A las dificultades anteriores se le añade el hecho de que la demanda ha dejado de ser un dato fijo sobre el que no es posible actuar, convirtiéndose en una variable de decisión de los planificadores y gestores.

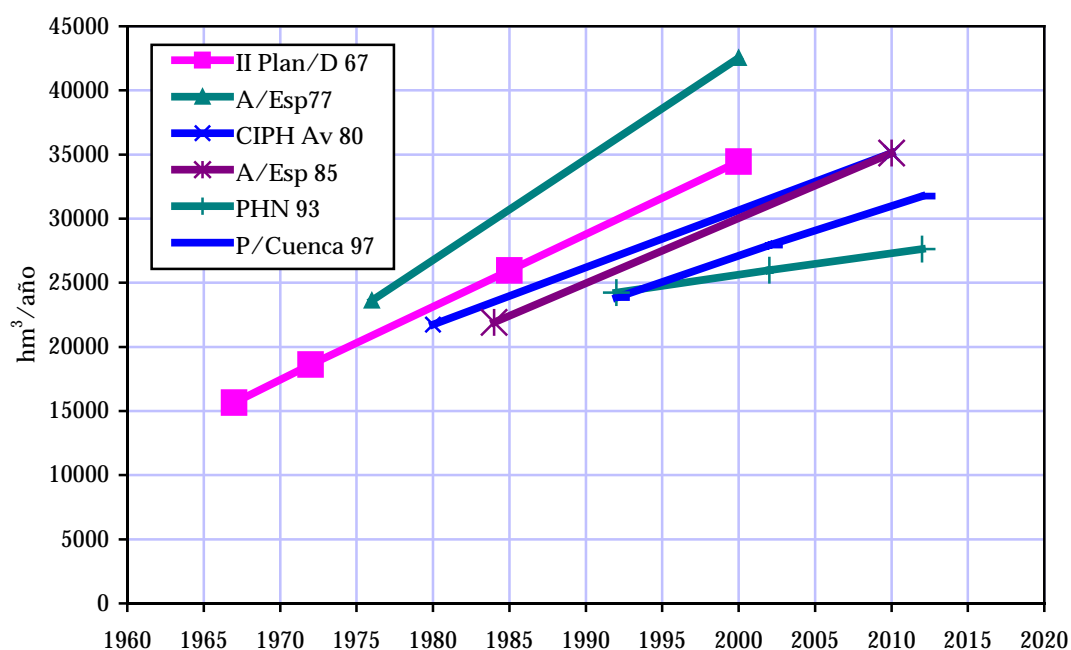


Figura 64. Previsiones de evolución de la demanda total de riego en España en diferentes documentos oficiales (tomada de MIMAM, 1998)

Fuentes: II Plan de Desarrollo Económico y Social, 1967 (II Plan/D 67); El Agua en España, 1977 (A/Esp77); Comisión Interministerial de Planificación Hidrológica-Avance 80, 1980 (CIPH Av 80); El Agua en España, 1985 (A/Esp85); Anteproyecto de Plan Hidrológico Nacional, 1993 (PHN 93) y Planes de cuenca (P/Cuenca 97)

Ante las dificultades para obtener información fiable sobre los volúmenes realmente suministrados y consumidos según los diferentes usos, uno de los procedimientos más comunes de estimación de las demandas de abastecimiento a poblaciones y usos agrarios consiste en aplicar a las poblaciones y superficies de riego unos valores teóricos de dotación, en función del tamaño de las poblaciones, los tipos de cultivo, las características climáticas, el estado de las infraestructuras, etc. y suponer que las cantidades obtenidas son los suministros necesarios (MIMAM, 1998).

En el caso concreto de la demanda urbana, una de sus características es la gran heterogeneidad en cuanto a la utilización del agua se refiere, pues incluye utilidades domésticas (individuales), municipales (riego de jardines, bomberos, etc.), colectivas (servicios públicos como hospitales y escuelas), industriales, comerciales e incluso agrícolas, todo lo cual contribuye a dificultar su conocimiento. En la mayoría de los países resulta muy difícil diferenciar en la práctica los volúmenes de agua consumidos por las industrias conectadas a la red municipal de los propiamente debidos a las necesidades urbanas. El turismo y la segunda residencia generan en muchas zonas de la costa mediterránea una importante demanda de agua, llegando a superar, en algunos núcleos, la correspondiente a la población fija.

Por lo que se refiere a la demanda industrial, los datos disponibles suelen referirse a la gran industria, que dispone de fuentes de abastecimiento propias. La pequeña y mediana industria, sin embargo, se suele incluir dentro del sector de abastecimiento urbano, lo que conduce a una infravaloración de la demanda industrial.

En cuanto a los usos agrarios, la necesidad de un adecuado conocimiento de la demanda de riego se evidencia en la importante magnitud que tiene en algunos países mediterráneos, como Portugal, Grecia o España, donde llega a representar más del 70% del total de la demanda. Algunas de las principales dificultades para su estimación proceden de la diversidad de factores que la determinan: variables meteorológicas, dedicación productiva, características del suelo y del agua, tipología de redes de conducción y distribución y condiciones de operación, etc.

En los últimos años han aparecido nuevas demandas sociales relacionadas con los usos recreativos del agua, como riego de campos de deportes, piscinas y parques acuáticos, actividades náuticas, remo, baño, la pesca deportiva, el uso *paisajístico* (acampadas, las excursiones, etc). Aunque suelen ser demandas poco consuntivas pueden suponer condicionantes para la gestión de los sistemas de explotación.

Conviene también mencionar que en ocasiones existe una cierta confusión entre los conceptos relacionados con los usos del agua. En este documento se ha adoptado la siguiente terminología, tomada de MIMAM(1998).

- Demanda, que expresa la necesidad de agua requerida por las distintas actividades.
- Detracción, que es el agua que se aparta de su curso para llevarla al punto de utilización.
- Suministro, que expresa la cantidad de agua detraída que finalmente se sirve al usuario (se excluyen las pérdidas en almacenamiento, transporte y distribución).
- Consumo, que es el porcentaje de agua suministrada que realmente utiliza el usuario. De la parte de agua suministrada que no se consume, una parte se evapora, mientras que el resto se reintroduce en el ciclo del agua como caudales de retorno a ríos, lagos o acuíferos.

### *5.3.3 La demanda total de agua.*

La demanda total de agua en Europa corresponde al consumo urbano en una proporción del 14% del total, al uso agrícola en un 29% y a la industria en un 10%. El resto de la demanda de agua (47%) es para uso energético y para otros usos. Sin embargo, la importancia económica relativa del sector agrícola en los

países mediterráneos, hace que estos porcentajes difieran notablemente de la media europea, como se aprecia en la Figura 65.

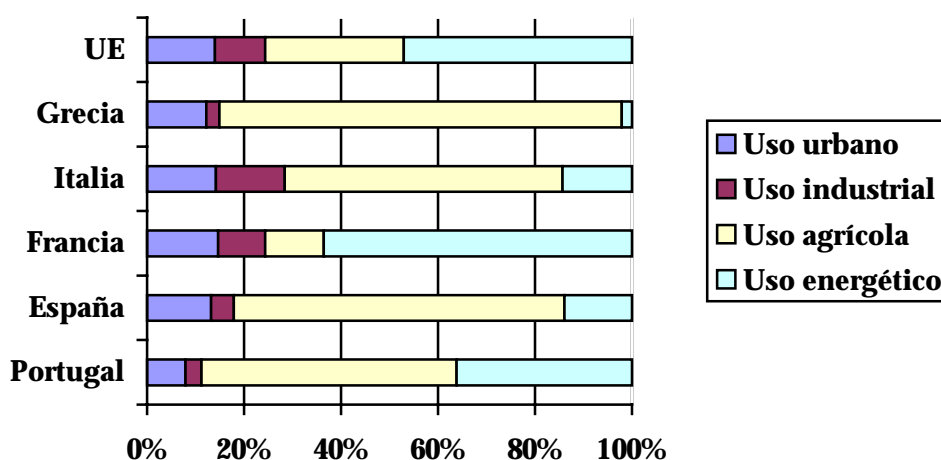


Figura 65. Porcentaje de la demanda de agua en los países mediterráneos según distintos usos.  
Fuente: ETC/IW, 1997 y OECD, 1998 a

En cuanto al porcentaje que la demanda de agua para el uso agrícola representa respecto al total, en la figura anterior se aprecia que sólo en Francia es similar a la media europea, mientras que en España y Grecia toma valores muy superiores a la media. La demanda de agua para uso urbano se mantiene en todos los países mediterráneos en valores próximos a la media europea, encontrándose por debajo de ésta la demanda para uso industrial, excepto en Francia y en Italia.

El agua detraída en la Unión Europea tiene su origen principalmente en las aguas superficiales (80% del total de agua detraída). Una menor proporción del agua detraída es de origen subterráneo (20%), correspondiendo una muy pequeña parte a fuentes no convencionales, como la desalación de agua del mar y la reutilización de efluentes tratados previamente. En España, Francia e Italia se aprecian proporciones similares a la media europea entre el agua superficial y subterráneo (Figura 66), teniendo un mayor peso el agua detraída de origen subterráneo en Grecia y Portugal, fundamentalmente en este último país, donde alcanza valores superiores al 40%. Sin embargo, este porcentaje disminuye, y se sitúa entre el 25 y 30% cuando el destino del agua es el consumo humano, sobre todo si se consideran las captaciones en los aluviales de poca profundidad como captaciones de aguas superficiales (Serra, 2000).

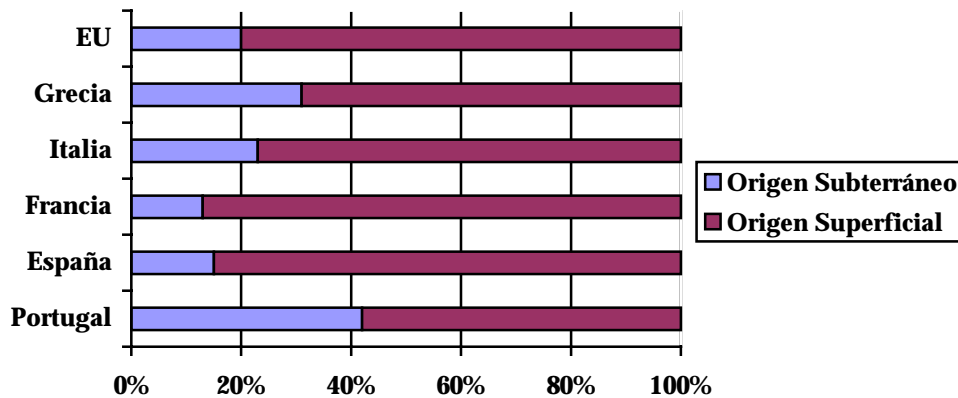


Figura 66. Porcentaje de agua detrída según su origen, respecto del total. (Fuente: EEA, 1999b)

La detracción total de agua en Europa para satisfacer las demandas sectoriales suma la cantidad de 295 km<sup>3</sup>/año, de los que un 83% corresponde a los países de la UE15, un 5% a los países de la EFTA<sup>17</sup> y un 12% a los países candidatos a la entrada en la UE. En la actualidad, las cantidades detrídas por Portugal, España, Francia, Italia y Grecia representan aproximadamente unos 140 km<sup>3</sup>/año, lo que supone casi un 60% de la cantidad de agua que demandan todos los países de la UE.

Finalmente en la Figura 67 se muestra la evolución temporal de la demanda total de agua en los últimos años y las proyecciones para el futuro, observándose en general una ligera tendencia al alza, exceptuando Italia.

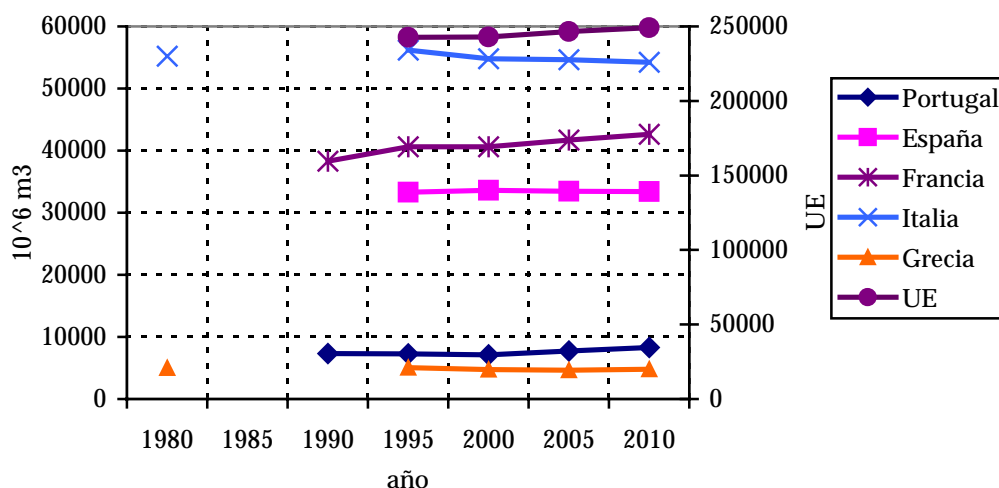


Figura 67. Evolución temporal y proyección de la demanda total de agua en los países mediterráneos. Fuente: Base de datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente

Nota: Los datos de la Unión Europea no incluyen a Dinamarca.

<sup>17</sup> EFTA: Islandia, Noruega, Suiza, Liechtenstein

### 5.3.4 La demanda urbana

Generalmente, la demanda urbana comprende el abastecimiento a las poblaciones urbanas y rurales, incluyendo las industrias conectadas a la red de abastecimiento urbano.

El abastecimiento urbano es un servicio básico incuestionable para la sociedad de nuestros días y se caracteriza por la exigencia de un nivel de garantía muy elevado y una distribución temporal de los suministros necesarios, salvo en zonas turísticas y de segunda residencia, sensiblemente uniforme. Además, en comparación con otros usos, las condiciones de calidad del suministro son más exigentes. Sus retornos se producen de forma puntual y localizada y, en general, con características constantes, por lo que, debidamente depurados, son aptos para su reutilización posterior en usos con menores exigencias de calidad. La cuantía de estos retornos se ha evaluado, por ejemplo, en el Libro Blanco del Agua en España (MIMAM, 1998) en un 80% del agua suministrada y en un 85 % según el Plan Azul (Margat, J. y D. Vallée, 1998).

En la actualidad Italia y Francia son los países que porcentualmente demandan más agua para uso urbano (18 y 17%, respectivamente, de la demanda total), bajando estos porcentajes al 13, 11 y 7 %, respectivamente, en España, Grecia y Portugal (Tabla 22).

País	Población 1995 (mil hab)	Cantidad de agua destinada a uso urbano (hm <sup>3</sup> /año)	Uso urbano (% respecto del total detráido)	Dotación media anual por persona (m <sup>3</sup> /(hab.año))	Dotación media anual por persona (l/(hab.día))
Portugal	9.797	776	7%	79	217
España	39.109	4.667	13%	119	327
Francia	58.333	6.698	17%	115	315
Italia	57.138	7.940	18%	139	381
Grecia	11.213	778	11%	69	190
Total	175.590	20.859	15%	119	325

Tabla 22. Demandas de agua para el uso urbano. Fuente: WRI (1997), Correia (1998 a) y CEDEX (1998 a)

A pesar de que casi todos los países presentan porcentajes no muy dispares de la demanda urbana respecto a la demanda total, la dotación bruta per capita varía considerablemente entre ellos, como se deduce de la Tabla 22 anterior. Italia registra el mayor valor per capita (381 l/(hab.día)), seguido de España y Francia, con cifras similares en torno a los 327 y 315 l/(hab.día), respectivamente. Los valores más bajos los registran Grecia y Portugal, con unas cifras de 189 y 216 l/(hab.día), respectivamente. Estas diferencias parecen en cualquier caso exageradas e inducen a pensar que o bien los métodos de estimación o bien el concepto al que responden podrían diferir en los distintos países.



Las dotaciones medias anteriores varían en función del tipo y tamaño de la población. En general y tal como se observa en las cifras de dotaciones netas<sup>18</sup> en España (Tabla 23), éstas disminuyen sensiblemente con el tamaño de la población. Por otra parte, la evolución en los últimos años de estas dotaciones revela una rápida disminución de su valor medio, al menos en las poblaciones de más de 20.000 habitantes, tal y como muestra la Tabla 24.

Población	Dotación (red suministro) (l/(hab.día))
Entre 20.000 y 50.000	238
Entre 50.000 y 100.000	264
Superior a 100.000	289
Áreas metropolitanas	295
Media	265

Tabla 23. Dotaciones netas (suministro a la red) en España en función del tamaño de población. Fuente: MIMAM 1998, tomada de la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS)

Año	Dotación media (l/(hab.día))
1987	309
1990	313
1992	302
1994	265

Tabla 24. Evolución de la dotación neta de abastecimientos media en España para poblaciones de más de 20.000 habitantes. Fuente: MIMAM 1998, tomada de la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS)

En el caso de Italia, las dotaciones no varían demasiado según el tamaño de población y el sector, salvo en el caso de las capitales de provincia donde este valor aumenta (Tabla 25).

Población	Viviendas y pequeños comercios (l/(hab.día))	Industrial y otras actividades comerciales (l/(hab.día))	Uso público (l/(hab.día))	Total (l/(hab.día))
Entre 2.500 y 5.000	192	36	19	247
Entre 5.000 y 20.000	184	37	19	241
Entre 20.000 y 50.000	191	35	25	251
Superior a 50.000	185	34	20	238
Municipios	193	36	21	250
Capital de provincia	259	50	32	341
Total de Italia	214	41	25	279

Tabla 25. Dotaciones urbanas en Italia por sectores y en función del tamaño de la población, año 1987. Fuente: ISTAT, 1991

<sup>18</sup> Las dotaciones netas se diferencian de las dotaciones brutas en las pérdidas que se producen hasta la red de suministro.

En cuanto a la distribución territorial de la demanda urbana, ésta se produce de forma similar a la distribución poblacional, aunque intensificándose en los puntos de mayor concentración urbana donde se requieren mayores dotaciones. Generalmente las mayores demandas se localizan en las grandes áreas metropolitanas y en el litoral mediterráneo. Esto se observa en la Figura 68, que se ha obtenido a partir del mapa de distribución territorial de la población, el cual se ha multiplicado por la dotación media anual por persona y por cuenca hidrográfica procedente de varias fuentes (CEDEX 1998a y WRI 1997).

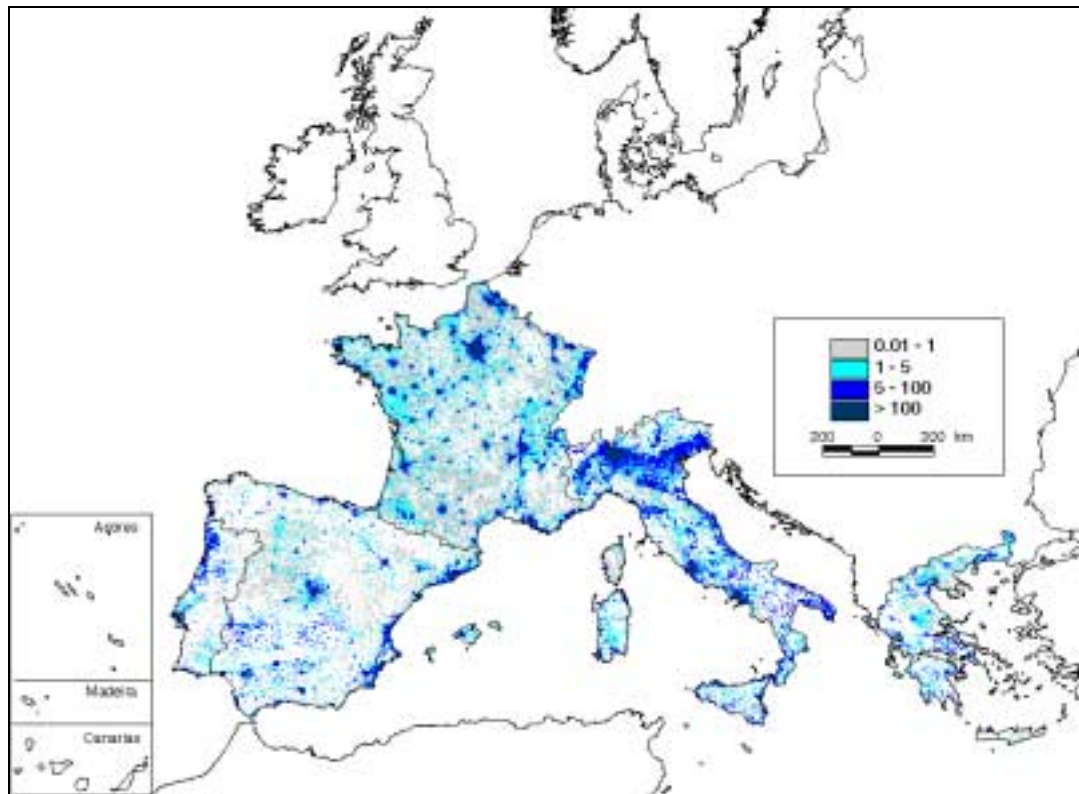


Figura 68. Demanda urbana(en mm/año) en los países mediterráneos (resolución celda 5 km x 5 km). Fuente: Elaboración propia a partir de información de CORINE LAND-COVER con resolución 250 m X 250 m, mapa de grado de urbanización de EUROSTAT y dotaciones brutas por cuencas hidrográficas de la Tabla 26

Los datos de demanda urbana por cuencas que se deducen del mapa anterior se muestran en la Tabla 26.

País	Ámbito	Demanda urbana actual 1995 (hm <sup>3</sup> /año)	Población 1995 (mil hab) <sup>19</sup>	Dotación bruta (l/(hab.día))
Portugal	Minho	4	74	148
Portugal	Lima+ancora	9	150	164
Portugal	Cavado+neiva	19	310	168
Portugal	Ave+rib.costa1	46	678	186
Portugal	Leca	31	356	239
Portugal	Douro+mangas	147	1.963	205
Portugal	Vouga+rib.costa2	43	618	191
Portugal	Mondego	44	686	176
Portugal	Lis+rib.costa3	12	162	203
Portugal	Rib.do oeste+apostica	44	567	213
Portugal	Tejo	261	3.069	233
Portugal	Guadiana	15	222	185
Portugal	Sado+melides	25	298	230
Portugal	Mira	2	24	228
Portugal	Sotavento+barlavento+arade	74	620	327
Portugal	Total	776	9.797	217
España	Galicia costa	210	1.961	293
España	Norte I	77	861	245
España	Norte II	214	1.611	364
España	Norte III	269	1.861	396
España	Duero	214	2.188	268
España	Tajo	768	6.094	345
España	Guadiana I	119	1.322	247
España	Guadiana II	38	377	276
España	Guadalquivir	532	4.754	307
España	Sur	248	1.997	340
España	Segura	172	1.387	340
España	Júcar	563	4.096	377
España	Ebro	313	2.753	311
España	Cuencas Internas de Cataluña	682	5.563	336
España	Baleares	95	728	358
España	Canarias	153	1.556	269
España	Total	4.667	39.109	327
Francia	Artois+Picardie	402	4.842	227
Francia	Rhin+Meuse	438	4.316	278
Francia	Seine+Normandie	2.191	18.317	328
Francia	Loire+Bretagne	1.224	12.074	278
Francia	Adour+Garonne	748	5.892	348
Francia	Rhône+Méditerranée+Corse	1.695	12.892	360
Francia	Total	6.698	58.333	315
Italia	Po	2.188	15.425	389
Italia	Veneto	1.000	6.404	428
Italia	Liguria	436	2.564	466
Italia	Romagna e Marche	407	3.454	323
Italia	Toscana	338	2.588	358
Italia	Lazio	957	5.890	445
Italia	Abruzzo e Molise	231	1.379	459
Italia	Campania	705	6.183	312
Italia	Puglia	488	4.152	322
Italia	Calabria e Basilicata	392	2.417	444
Italia	Sicilia	544	5.025	297
Italia	Sardegna	254	1.657	420
Italia	Total	7.940	57.138	381

<sup>19</sup> El reparto de la población total del país de 1995 en las distintas cuencas en Francia se ha realizado utilizando los porcentajes correspondientes al año 1989 tomados de Correia (1998 a).

País	Ámbito	Demanda urbana actual 1995 (hm <sup>3</sup> /año)	Población 1995 (mil hab) <sup>19</sup>	Dotación bruta (l/(hab.día))
Grecia	Western Peloponnese	23	351	180
Grecia	North Peloponnese	37	685	148
Grecia	Eastern Peloponnese	17	292	160
Grecia	Western Sterea Hellas	22	321	188
Grecia	Epirous	43	459	257
Grecia	Attica	289	3.870	205
Grecia	Eastern Sterea Hellas and Euboia	42	644	179
Grecia	Thessalia	54	786	188
Grecia	Western Macedonia	40	595	184
Grecia	Central Macedonia	82	1.321	170
Grecia	Eastern Macedonia	23	404	156
Grecia	Thrace	27	363	204
Grecia	Kreta	42	595	193
Grecia	Aegean islands	37	527	192
Grecia	Total	778	11.213	190
Total		20.859	171.457	333

Tabla 26. Demandas y dotaciones actuales de abastecimiento urbano por cuencas para los países mediterráneos. Fuentes: WRI (1997), Correia (1998a) y CEDEX (1998 a)

En la Figura 69 se muestran los datos de evolución histórica y proyección hasta el año 2010 de la demanda de agua para el uso urbano obtenida a partir de datos sobre población y dotaciones unitarias. En los países mediterráneos se observa, con carácter general, una tendencia hacia el decrecimiento, aunque algo menos acentuada que la que se produce en media en la UE.

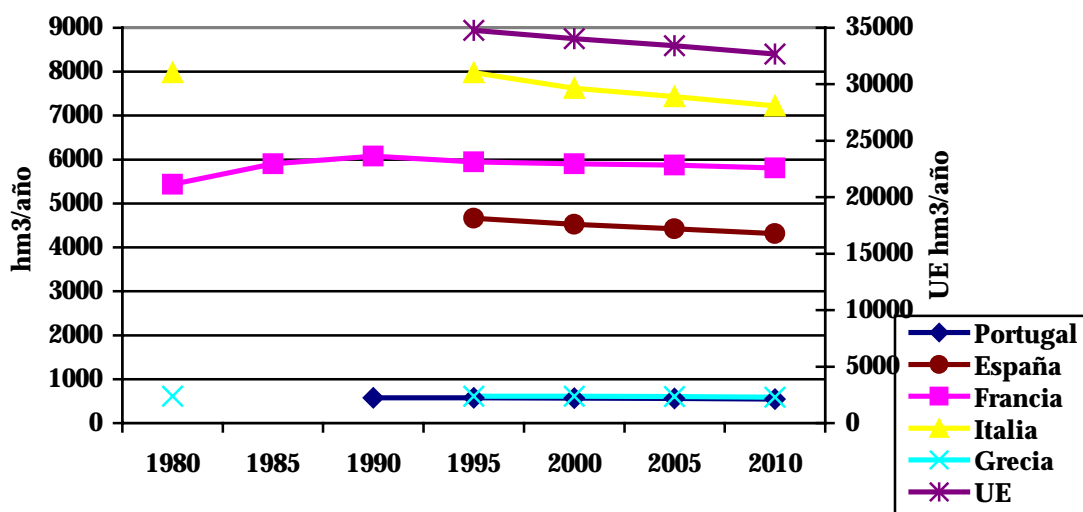


Figura 69. Cantidad de agua destinada a uso urbano. (Fuente: Base de datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente)

Un ejemplo muy ilustrativo de la situación actual y de las tendencias futuras de la demanda urbana es el caso de Francia. A pesar del aumento de población que ha tenido lugar en los últimos años, desde principios de los años 90 la demanda urbana ha venido descendiendo y ésta es también la tónica esperable para los próximos años, según las proyecciones efectuadas (Figura 70).

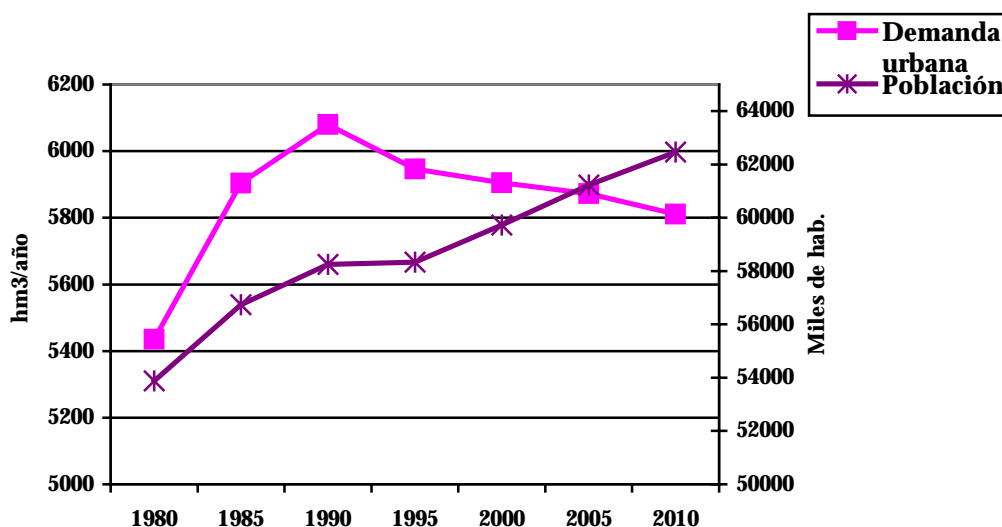


Figura 70. Demanda urbana y población en Francia (Fuente: Base de datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente)

El incremento de población que se produce en la época de verano en las zonas turísticas supone un incremento fuerte de las necesidades hídricas que afectan al suministro.

En la Tabla 27 y Tabla 28 se muestra la importancia relativa que el uso turístico, diferenciado del urbano, tiene frente a los otros usos en la isla de Tenerife y en el archipiélago de Baleares en España. Se observa el crecimiento experimentado por el uso urbano y turístico del agua en detrimento del agrícola.

Sectores	1985 (hm³/año)	1991 (hm³/año)	Proyección 2000 (hm³/año)
Urbano	59,4 (27,6%)	62,7 (30,2%)	69,6 (32,4%)
Agrícola	126,5 (58,7%)	109,2 (52,7%)	96,8 (44,9%)
Industrial	4,2 (1,9%)	5,3 (2,6%)	11,8 (5,3%)
Turístico	8,6 (4%)	14,1 (6,8%)	23,4 (10,9%)
Otros	16,8 (7,8%)	16,0 (7,7%)	13,7 (6,5%)
TOTAL	215,5 (100%)	207,3 (100%)	215,3 (100%)

Tabla 27. Evolución de la demanda de agua en hm³/año en la isla de Tenerife. (Fuente: Fernández, J. *et al.*, 1998)

Sectores	1980 (hm <sup>3</sup> /año)	1990 (hm <sup>3</sup> /año)	1995 (hm <sup>3</sup> /año)
Urbano	41,8 (13,7%)	63 (19,5%)	71,8 (25%)
Turístico	14 (4,6%)	22,5 (7 %)	34,1 (11,8%)
Total urbano + Turístico	55,8 (18,3%)	85,5 (26,5%)	105,9 (36,8%)
Agrícola	249 (81,7%)	237 (73,5%)	182 (63,2%)
Total	304,8 (100%)	322,5 (100%)	287,9 (100%)

Tabla 28. Evolución de la demanda de agua en hm<sup>3</sup>/año en las islas de Mallorca, Menorca, Ibiza y Formentera. (Fuente: Fayas, JA. *et al.*, 1998).

Para el conjunto de España y a pesar de la importancia que este fenómeno tiene su incidencia en la demanda total no parece ser muy relevante, ya que se estima que el turismo exterior añade en torno a 1,5 millones de personas en equivalente de población permanente anual, lo que en valores medios anuales supondría una demanda inferior a los 200 hm<sup>3</sup> (0,5% de la demanda total de agua del país).

Sin embargo, es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- El carácter estacional y regional del turismo implica la concentración de la población en el tiempo. En los países mediterráneos esto se traduce en incrementos de población durante los meses de verano en las zonas del litoral. Estos incrementos localizados de población suponen una mayor presión en los sistemas de abastecimiento y tratamiento de agua, que en algunos casos están dimensionados exclusivamente para cubrir las necesidades de la población local.
- El incremento localizado de la demanda especialmente relacionada con los usos recreativos (piscinas, campos de golf, parques acuáticos, etc.). Este incremento de la demanda introduce un factor de competencia entre los diferentes usuarios, especialmente la agricultura. Opciones como la utilización de agua desalada y agua re-utilizada están siendo desarrolladas en diferentes zonas del litoral para garantizar el suministro de agua.

En cualquier caso, y dado el carácter estratégico del turismo para las economías de los países mediterráneos, parece necesario el proporcionar a estos territorios la necesaria garantía y seguridad de suministro.

### 5.3.5 La demanda agraria

Los usos agrarios del agua comprenden los propiamente agrícolas, relativos a la producción vegetal y los ganaderos, que se refieren a la producción animal. Desde un punto de vista cuantitativo, la demanda hídrica de la ganadería es poco significativa respecto de la agrícola, cuyo uso más importante es el regadío. Las cantidades de agua detráidas para este uso retornan en una parte mucho menos importante al ciclo del agua que los demás usos. En MIMAM

(1998) y en el Plan Azul (Margat y Vallée, 1998) se estima que este retorno es del orden del 20%.

En lo que sigue se ha hecho la hipótesis que la demanda agraria en todos los países objeto de este análisis es equivalente a la demanda para el regadío.

Aclarados los conceptos anteriores y las hipótesis realizadas, puede afirmarse que la cantidad de agua demandada para el uso agrario supone la principal demanda sectorial para el conjunto de los países de la Europa mediterránea. Grecia y Portugal destinan más de un 85% del total de agua detrída a este uso, seguida de España (68%), Italia (45%) y Francia(11%), destinando este último país un valor incluso inferior a la media europea. Este porcentaje tan bajo es debido en gran parte al elevado valor de la demanda energética en la demanda total de agua del país. En la Tabla 29 se resumen todos esos valores y se muestra la cantidad total de agua detrída para el uso agrícola en los países mediterráneos.

País	Superficie en regadío (1000 ha)	Uso agrícola (% respecto del total detrído) Año 1995	Cantidad de agua destinada a uso agrícola (hm <sup>3</sup> /año)	Dotación (m <sup>3</sup> /ha/año)
Portugal	626	86%	9.946	15.893
España	3.437	68%	24.094	7.010
Francia	1.485	11%	4.518	3.042
Italia	2.649	45%	19.738	7.451
Grecia	1.328	87%	6.288	4.375
Total	9.525	47%	64.584	6.780

Tabla 29 . Demandas de agua para el uso agrícola. Fuente: MIMAM (1998), INAG (1999), Correia (1998 a), WRI (1997) y CEDEX (1998 a)

En la tabla anterior sorprende las diferencias en las dotaciones brutas unitarias que se deducen de la demanda de agua y de la superficie en regadío. Francia y Grecia son los países que menor consumo unitario anual registran (menos de 5.000 m<sup>3</sup>/ha anuales) mientras que Portugal es el que tiene el mayor consumo unitario (más de 15.000 m<sup>3</sup>/ha anuales). Italia y España tienen un consumo unitario anual medio de unos 7.000 m<sup>3</sup>/ha. Estas diferencias pueden deberse a la influencia de los factores climáticos, a la estimación de las superficies en riego, a los diferentes tipos de cultivo y sistemas de riego, etc y su explicación requeriría un análisis detallado de la incidencia de los factores antes mencionados, que queda fuera del alcance de este documento.

En cuanto a la distribución territorial de la demanda agrícola en los países mediterráneos, ésta es, lógicamente, similar a la distribución de las superficies en regadío, con una gradación de valores función de la dotación unitaria de los cultivos, tal y como se observa en el mapa de la Figura 71. Este mapa se ha obtenido a partir del mapa de superficies de regadío, multiplicándolo por la dotación media anual por hectárea y cuenca hidrográfica, valor procedente de diversas fuentes (CEDEX 1998a y WRI 1997). A su vez, el mapa de superficies de regadío resulta del mapa de usos de suelo del CORINE LAND COVER en el

cual se han seleccionado los usos correspondientes al regadío y se han multiplicado por un factor corrector según el valor de la superficie en regadío en cada cuenca hidrográfica obtenida de varias fuentes<sup>20</sup> (MIMAM 1998, INAG 1999, Correia 1998a, WRI 1997).

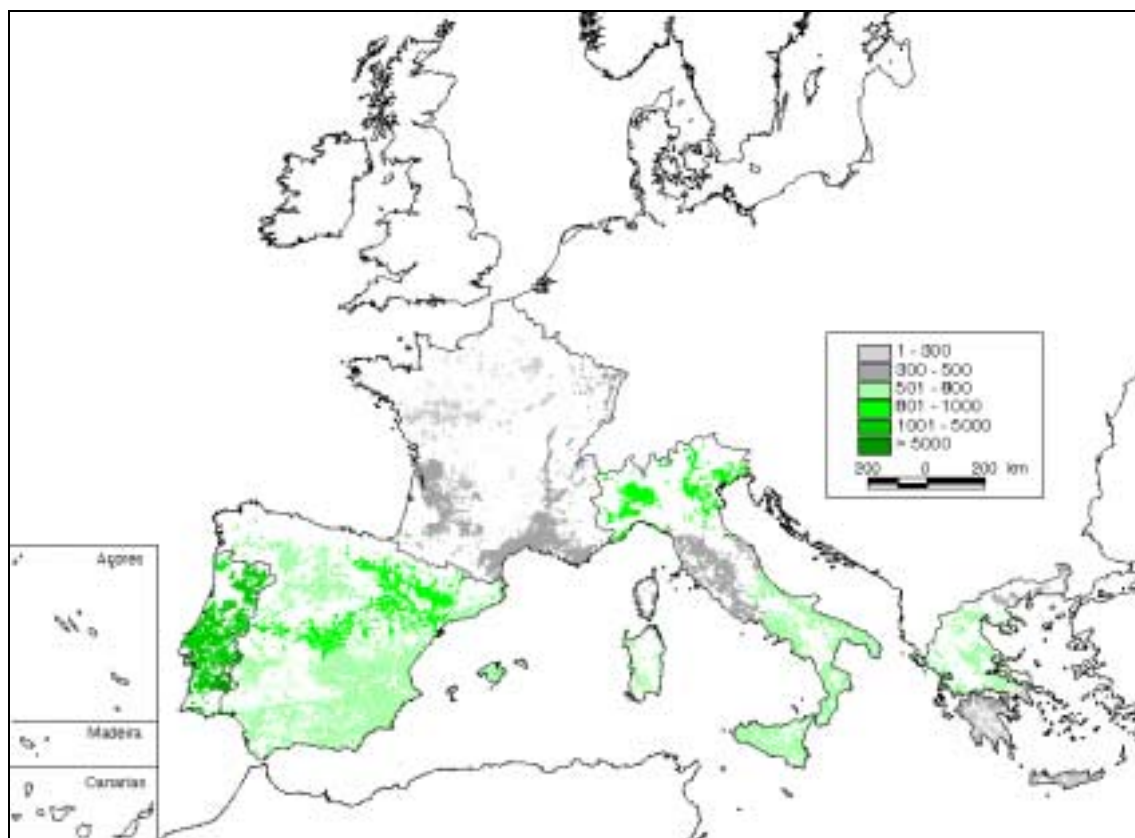


Figura 71. Demanda agrícola (en mm) en los países mediterráneos (resolución celda 5 km x 5 km). Fuente: Elaboración propia a partir de información de CORINE LAND-COVER de resolución 250 m X 250 m y dotaciones brutas por cuencas de la Tabla 30

El análisis de la figura anterior muestra que, con carácter general, las mayores demandas se localizan en las zonas más áridas, donde existe un clima más adecuado para el desarrollo de los cultivos.

Si se agregan por cuencas los datos del mapa anterior se obtienen los datos de demanda agrícola actual reflejados en la Tabla 30.

<sup>20</sup> En el caso de Grecia la distribución territorial de la superficie de regadío se ha obtenido teniendo en cuenta la distribución espacial del regadío en el mapa de usos de suelo de CORINE y el valor global de la superficie de regadío para todo el país.



País	Ámbito	Demanda agrícola actual 1995 (hm <sup>3</sup> /año)	Superficie en regadío (ha)	Dotación bruta (m <sup>3</sup> /ha/año)
Portugal	Minho	128	13.658	9.372
Portugal	Lima+ancora	187	18.708	9.996
Portugal	Cavado+neiva	388	46.052	8.425
Portugal	Ave+rib.costa1	414	30.971	13.367
Portugal	Leca	30	7.000	4.286
Portugal	Douro+mangas	2.090	148.042	14.118
Portugal	Vouga+rib.costa2	498	49.892	9.982
Portugal	Mondego	853	73.529	11.601
Portugal	Lis+rib.costa3	79	5.297	14.914
Portugal	Rib.do oeste+apostica	234	14.912	15.692
Portugal	Tejo	2.662	149.557	17.799
Portugal	Guadiana	1.202	14.080	-
Portugal	Sado+melides	511	26.162	19.532
Portugal	Mira	135	5.079	26.580
Portugal	Sotavento+barlavento+arade	535	22.890	23.373
Portugal	Total	9.946	625.829	15.893
España	Galicia costa	532	63.811	8.337
España	Norte I	475	60.500	7.851
España	Norte II	55	9.200	5.978
España	Norte III	2	272	7.353
España	Duero	3.603	550.326	6.547
España	Tajo	1.875	230.720	8.127
España	Guadiana I	2.157	321.468	6.710
España	Guadiana II	128	19.506	6.562
España	Guadalquivir	3.140	483.170	6.499
España	Sur	1.070	159.607	6.704
España	Segura	1.639	265.969	6.162
España	Júcar	2.284	370.000	6.173
España	Ebro	6.310	783.948	8.049
España	Cuencas Internas de Cataluña	371	64.502	5.752
España	Baleares	189	24.039	7.862
España	Canarias	264	30.000	8.800
España	Total	24.094	3.437.038	7.010
Francia	Artois+Picardie	22	24.500	898
Francia	Rhin+Meuse	164	48.300	3.395
Francia	Seine+Normandie	97	179.500	540
Francia	Loire+Bretagne	1.048	387.700	2.703
Francia	Adour+Garonne	2.028	529.000	3.834
Francia	Rhône+Méditerranée+Corse	1.159	316.200	3.665
Francia	Total	4.518	1.485.200	3.042
Italia	Po	9.347	1.088.347	8.588
Italia	Veneto	2.937	341.957	8.589
Italia	Liguria	80	9.792	8.170
Italia	Romagna e Marche	1.974	244.709	8.067
Italia	Toscana	263	56.093	4.689
Italia	Lazio	554	118.356	4.681
Italia	Abruzzo e Molise	230	39.301	5.852
Italia	Campania	826	147.645	5.595
Italia	Puglia	1.217	207.933	5.853
Italia	Calabria e Basilicata	615	105.061	5.854
Italia	Sicilia	1.280	218.844	5.849
Italia	Sardegna	415	70.946	5.850
Italia	Total	19.738	2.648.984	7.451
Grecia	Western Peloponnese	206	115.114	1.790
Grecia	North Peloponnese	401	93.170	4.304

País	Ámbito	Demanda agrícola actual 1995 (hm <sup>3</sup> /año)	Superficie en regadío (ha)	Dotación bruta (m <sup>3</sup> /ha/año)
Grecia	Eastern Peloponnese	200	83.285	2.401
Grecia	Western Sterea Hellas	377	51.363	7.340
Grecia	Epirous	380	59.285	6.410
Grecia	Attica	102	38.658	2.639
Grecia	Eastern Sterea Hellas and Euboia	784	109.472	7.162
Grecia	Thessalia	1.581	258.436	6.118
Grecia	Western Macedonia	370	56.558	6.542
Grecia	Central Macedonia	660	117.101	5.636
Grecia	Eastern Macedonia	390	81.951	4.759
Grecia	Thrace	420	91.954	4.568
Grecia	Kreta	330	171.654	1.922
Grecia	Aegean islands	87	-	-
Grecia	Total	6.288	1.328.001	4.735
Total		64.584	9.525.052	6.780

Tabla 30. Demandas y dotaciones actuales de uso agrícola por cuencas para los países mediterráneos. Fuente: MIMAM (1998), INAG (1999), Correia (1998 a), WRI (1997) y CEDEX (1998 a)

### 5.3.6 La demanda industrial

El agua destinada al uso industrial incluye el agua demandada para los procesos de producción de bienes industriales. En general, la demanda industrial suele considerar el abastecimiento a las industrias no conectadas a la red urbana. Las cantidades de agua distraídas para uso industrial retornan en una parte importante al ciclo del agua. Mientras que en MIMAM (1998) se estima que este retorno es del orden del 80%, en el Plan Azul (Margat y Vallée, 1998) se considera bastante más elevado, 95%.

El agua destinada el uso industrial ha ido decreciendo en general en Europa. Entre los factores que han podido causar este descenso en el uso del agua se encuentran (EEA, 1999c):

- Cambios en la economía: el cierre de industrias de alto consumo de agua, tales como la industria del carbón y el acero en el Noreste francés.
- Mayores controles sobre la calidad y cantidad de efluentes, que llevan a las industrias a reducir la cantidad de agua destinada al proceso industrial para reducir el impacto ambiental.
- Puesta en vigor de leyes que afectan al uso del agua

Con carácter general, los usuarios de agua para la industria suelen estar más dispuestos que los usuarios domésticos a adoptar tecnologías que ahorren agua si los costes se reducen. Las tarifas para los vertidos de aguas contaminadas en las redes de saneamiento constituyen un importante incentivo para mejorar los procesos productivos y reducir la cantidad de agua utilizada y vertida a la red.

En la Tabla 31 se muestran, a modo de ejemplo, las necesidades de agua de distintos productos industriales en diferentes países. Estos datos hay que tomarlos sin embargo con cierta cautela dada la gran diversidad de los procesos industriales y la variedad de especificaciones de los productos.

País	1 litro de cerveza	1 litro de leche	1 kg de ropa	1 kg de papel	1 kg de acero	1 kg de azúcar
Francia	25	1 a 4	-	250 a 500	300 a 600	21 a 35
España	6 a 9	1 a 5	8 a 20 (lana)	250	30	3,5 a 5
Reino Unido	6,5	2,9	6 a 300	15 a 30	100	1,5

Tabla 31. Uso específico de agua (en litros) para la producción industrial. Fuente: EEA, 1999c

A partir de los años 80 en muchos países europeos, como en España y Francia (Figura 72), se ha producido una clara disminución en el uso de agua para actividades industriales a pesar del incremento en la producción industrial. La tendencia observada puede estar debida a que el sector industrial esta haciendo un uso más eficaz del agua con la introducción de nuevas tecnologías.

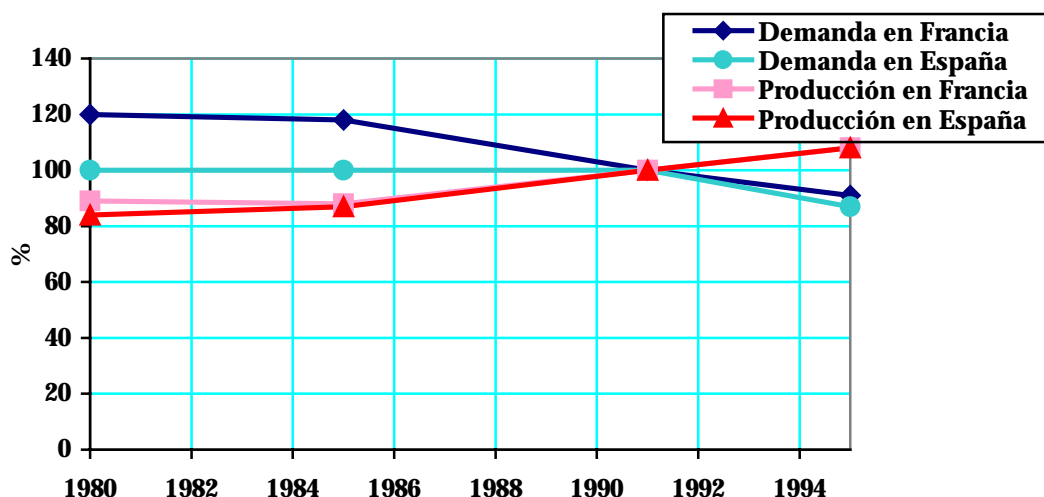


Figura 72. Evolución de la demanda de agua de la para uso industrial y de la producción industrial en España y Francia en el periodo 1980 a 1995 (referida porcentualmente al año 1991). Fuente: OECD 1998a y EEA 1999c

En la Tabla 32 se muestra la demanda de agua para uso industrial y el porcentaje que representa respecto a la demanda total en cada uno de los países mediterráneos.

País	Demanda de agua para uso industrial (hm <sup>3</sup> /año)	Uso industrial (% respecto del total detráido), año 1995
Portugal	55	0,5
España	1.647	5
Francia	4.448	11
Italia	7.979	18
Grecia	113	1,5
Total	14.242	10

Tabla 32. Demandas de agua para el uso industrial. Fuente: CEDEX, 1998 a, CORINE LAND COVER y MIMAM (1998)

La demanda para uso industrial se localiza en las zonas industriales no conectadas a las redes de distribución urbanas, tal y como muestra el mapa de su distribución territorial de la Figura 73. Este mapa se ha obtenido a partir del de usos de suelo del CORINE LAND COVER tras seleccionar el uso industrial y afectarlo de un factor deducido teniendo en cuenta el valor de la demanda industrial por cuenca hidrográfica, dato procedente de diversas fuentes (CEDEX 1998a, MIMAM 1998). Casos especiales han sido Portugal, donde, al únicamente disponer del valor de demanda total industrial y energética, se ha tenido que separar el valor de demanda industrial según las zonas con uso industrial, e Italia, donde se ha realizado un reparto del valor de demanda industrial total para el país (MIMAM 1998) teniendo en cuenta las zonas con uso industrial.

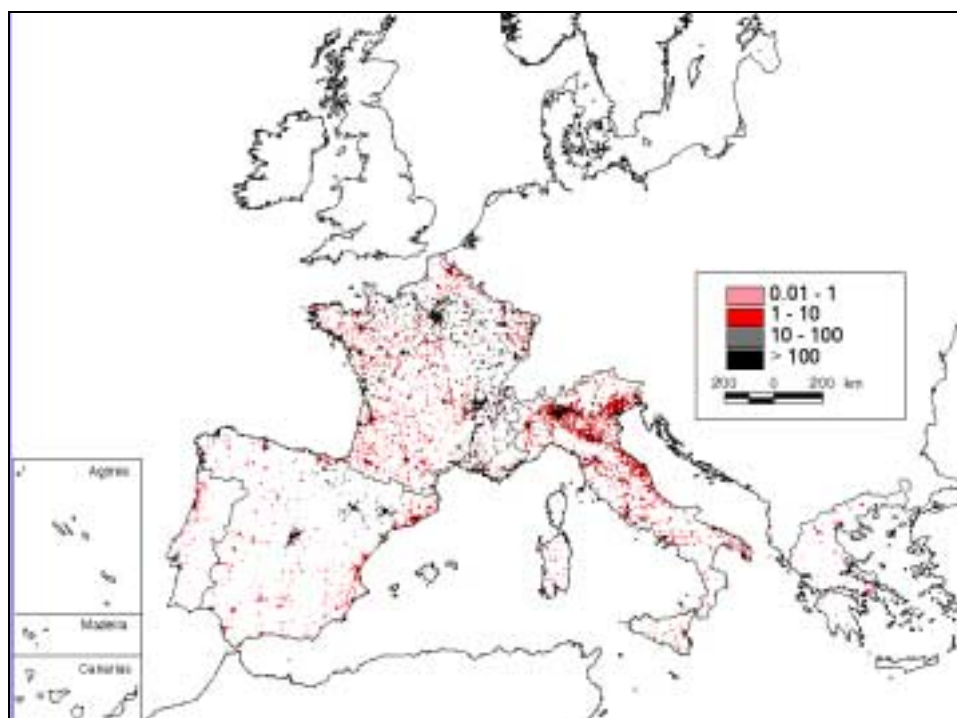


Figura 73. Demanda industrial (en mm/año) en los países mediterráneos (resolución 5 km x 5 km). Fuente: Elaboración propia a partir de información de usos industriales CORINE LAND-COVER con resolución 250 m X 250 m y dotaciones unitarias por cuencas de Tabla 33.

Agregando por cuencas los datos del mapa anterior se obtienen los datos de demanda industrial reflejados en la Tabla 33.

País	Ámbito	Demanda industrial 1995 (hm <sup>3</sup> /año)
Portugal	Minho	0
Portugal	Lima+ancora	1
Portugal	Cavado+neiva	2
Portugal	Ave+rib.costa1	5
Portugal	Leca	8
Portugal	Douro+mangas	7
Portugal	Vouga+rib.costa2	12
Portugal	Mondego	5
Portugal	Lis+rib.costa3	3
Portugal	Rib.do oeste+apostica	1
Portugal	Tejo	10
Portugal	Guadiana	0
Portugal	Sado+melides	0
Portugal	Mira	0
Portugal	Sotavento+barlavento+arade	1
Portugal	Total	55
España	Galicia costa	53
España	Norte I	32
España	Norte II	280
España	Norte III	215
España	Duero	10
España	Tajo	25
España	Guadiana I	31
España	Guadiana II	53
España	Guadalquivir	88
España	Sur	32
España	Segura	23
España	Júcar	80
España	Ebro	415
España	Cuencas Internas de Cataluña	296
España	Baleares	4
España	Canarias	10
España	Total	1.647
Francia	Artois+Picardie	283
Francia	Rhin+Meuse	976
Francia	Seine+Normandie	978
Francia	Loire+Bretagne	238
Francia	Adour+Garonne	783
Francia	Rhône+Méditerranée+Corse	1.192
Francia	Total	4.448
Italia	Po	2.492
Italia	Veneto	1.191
Italia	Liguria	133
Italia	Romagna e Marche	937
Italia	Toscana	551
Italia	Lazio	543
Italia	Abruzzo e Molise	127
Italia	Campania	460
Italia	Puglia	639
Italia	Calabria e Basilicata	127
Italia	Sicilia	406
Italia	Sardegna	373
Italia	Total	7.979
Grecia	Western Peloponnese	3
Grecia	North Peloponnese	3
Grecia	Eastern Peloponnese	4

País	Ámbito	Demanda industrial 1995 (hm <sup>3</sup> /año)
Grecia	Western Sterea Hellas	1
Grecia	Epirous	1
Grecia	Attica	18
Grecia	Eastern Sterea Hellas and Euboia	6
Grecia	Thessalia	7
Grecia	Western Macedonia	30
Grecia	Central Macedonia	24
Grecia	Eastern Macedonia	10
Grecia	Thrace	3
Grecia	Kreta	2
Grecia	Aegean islands	1
Grecia	Total	113
Total		14.242

Tabla 33. Demandas industriales por cuencas en los países mediterráneos. Fuente: CEDEX (1998 a), CORINE LAND COVER y MIMAM (1998)

### 5.3.7 La demanda energética

La demanda energética se basa principalmente en las necesidades de agua para la refrigeración de centrales, además de otros usos tales como el agua necesaria para el lavado de materiales procedentes de las minas, los caudales vertidos excepcionalmente por las centrales hidroeléctricas, etc. Las cantidades de agua detraídas para uso energético retornan en una parte importante al ciclo del agua (del orden del 95% según MIMAM, 1998 y del 98,5 % según Margat y Vallée, 1998) aunque pueden ver incrementada su temperatura.

En la Tabla 34 se muestra la demanda de agua para uso energético y el porcentaje que éste representa respecto a la demanda total en cada uno de los países mediterráneos.

País	Cantidad de agua destinada a uso energético (hm <sup>3</sup> /año)	Uso energético (% respecto del total detráido), año 1995
Portugal	800	7
España	4.915	14
Francia	23.993	61
Italia	8.037	18
Grecia	106	1
Total	37.851	28

Tabla 34. Demanda de agua para el uso energético. Fuente: CEDEX (1998 a), WRI (1997) y CORINE LAND COVER

La demanda para uso energético en los países mediterráneos se localiza en zonas puntuales con centrales energéticas. En lo que sigue se ha hecho la

hipótesis de no contabilizar la demanda que por vertidos no deseados se produce en las centrales hidroeléctricas

Los datos de demanda energética por cuencas son los reflejados en la Tabla 35. Estos valores se han obtenido, en los casos de Portugal, España y Francia, directamente a partir de los datos disponibles por cuencas en CEDEX (1998 a). En los casos de Italia y Grecia, donde no se disponía de información sobre la distribución territorial de la demanda energética por cuencas, el total de demanda energética en el país se repartió entre las distintas cuencas, teniendo en cuenta la magnitud de las aportaciones de los ríos en cada una de ellas.

País	Ámbito	Demanda energética actual 1995 (hm <sup>3</sup> /año)
Portugal	Minho	3
Portugal	Lima+ancora	6
Portugal	Cavado+neiva	43
Portugal	Ave+rib.costa1	104
Portugal	Leca	34
Portugal	Douro+mangas	199
Portugal	Vouga+rib.costa2	66
Portugal	Mondego	31
Portugal	Lis+rib.costa3	9
Portugal	Rib.do oeste+apostica	52
Portugal	Tejo	208
Portugal	Guadiana	22
Portugal	Sado+melides	0
Portugal	Mira	16
Portugal	Sotavento+barlavento+arade	7
Portugal	Total	800
España	Galicia costa	24
España	Norte I	33
España	Norte II	40
España	Norte III	0
España	Duero	33
España	Tajo	1.397
España	Guadiana I	5
España	Guadiana II	0
España	Guadalquivir	0
España	Sur	0
España	Segura	0
España	Júcar	35
España	Ebro	3.340
España	Cuencas Internas de Cataluña	8
España	Baleares	0
España	Canarias	0
España	Total	4.915
Francia	Artois+Picardie	1
Francia	Rhin+Meuse	7.580
Francia	Seine+Normandie	854
Francia	Loire+Bretagne	3.008
Francia	Adour+Garonne	311
Francia	Rhône+Méditerranée+Corse	12.240
Francia	Total	23.993
Italia	Po	2.437
Italia	Veneto	1.556
Italia	Liguria	249
Italia	Romagna e Marche	524
Italia	Toscana	503
Italia	Lazio	534
Italia	Abruzzo e Molise	337
Italia	Campania	669
Italia	Puglia	150
Italia	Calabria e Basilicata	508
Italia	Sicilia	254
Italia	Sardegna	316
Italia	Total	8.037
Grecia	Western Peloponnese	8
Grecia	North Peloponnese	7
Grecia	Eastern Peloponnese	4



País	Ámbito	Demanda energética actual 1995 (hm <sup>3</sup> /año)
Grecia	Western Sterea Hellas	21
Grecia	Epirous	11
Grecia	Attica	1
Grecia	Eastern Sterea Hellas and Euboia	6
Grecia	Thessalia	9
Grecia	Western Macedonia	10
Grecia	Central Macedonia	10
Grecia	Eastern Macedonia	8
Grecia	Thrace	3
Grecia	Kreta	5
Grecia	Aegean islands	3
Grecia	Total	106
Total		37.851

Tabla 35. Demandas energéticas por cuencas en los países mediterráneos. CEDEX (1998 a), WRI (1997) y CORINE LAND COVER

### 5.3.8 Nuevas demandas sociales. El uso recreativo

En los países mediterráneos se ha producido, en los últimos años, la aparición en algunos casos y el crecimiento en otros, de nuevas demandas sociales relacionadas con el agua, tal y como la que se muestra como ejemplo en la Figura 74, que refleja la evolución del número de licencias de pesca deportiva existentes en España. Todas estas demandas suelen aparecer englobadas bajo el término de usos recreativos del agua.

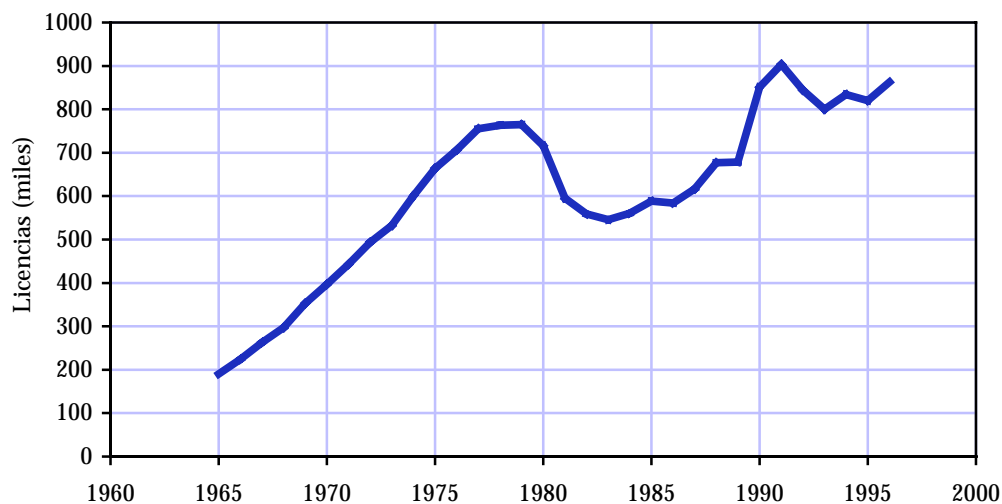


Figura 74. Evolución del número de licencias de pesca en España (tomada de MIMAM, 1998)

Bajo este concepto de uso recreativo del agua se incluyen aprovechamientos del dominio hidráulico muy variados que tienen en común el objetivo de satisfacer los requerimientos de ocio y esparcimiento de la sociedad.

Desde el punto de vista de la utilización de los recursos hídricos podrían distinguirse tres grandes categorías (MIMAM, 1998).

En primer lugar, los usos recreativos que implican derivar agua del medio natural, como el riego de campos de deportes (golf, fútbol, etc.), las piscinas y parques acuáticos, la innivación artificial, etc. Suponen, en general, un consumo de agua moderado y en ocasiones, son difíciles de separar del uso urbano, o incluso de la demanda de regadío, en el caso de los campos de golf.

En segundo lugar se encuentran aquellas actividades de ocio que usan el agua en embalses, ríos y parajes naturales de un modo no consuntivo (vela, *windsurf*, remo, barcos de motor, esquí acuático, piragüismo, el *rafting*, el baño, la pesca deportiva, etc). Suelen requerir el mantenimiento de ciertos niveles de agua en los embalses y caudales en los ríos, lo que puede llegar a representar un condicionante para la gestión de los sistemas de explotación.

En tercer lugar se hallan todas aquellas actividades de ocio que están relacionadas con el agua de un modo indirecto, utilizándola como centro de atracción o punto de referencia para actividades afines, lo que suele conocerse como uso *paisajístico* (acampadas, las excursiones, la ornitología, la caza, el senderismo y todo tipo de actividades turísticas o recreativas que se efectúan cerca de superficies y cursos de agua). Pueden suponer condicionantes para la gestión de los sistemas de explotación similares a los usos no consuntivos.

La evaluación de la demanda asociada a los usos recreativos es complicada, debido a la diversidad de actividades que comprende y a la dificultad para obtener datos sobre la participación de los ciudadanos en estas actividades.

Aunque existen actualmente pocos casos en los países mediterráneos de la UE en los que la gestión de los sistemas de explotación esté siendo condicionada por los usos recreativos, podría mencionarse el del río Noguera-Pallaresa, en la cuenca del Ebro en España, donde los desembalses para la producción hidroeléctrica se efectúan de modo coordinado con la demanda de los deportes acuáticos (*rafting*). Actualmente se efectúan en este río unos 70.000 descensos-persona anualmente, con el consiguiente efecto positivo para el turismo y la economía en esta zona (MIMAM, 1998).

Se debe resaltar la necesidad de desarrollar estudios para establecer el valor de los usos recreativos del agua. En Estados Unidos se han realizado algunos que ponen de manifiesto que los pescadores de un río están dispuestos a pagar lo que piden los regantes por dejar circular determinados caudales (López Martos, 2000).

### 5.3.9 *La demanda total y la demanda consuntiva*

Como se ha venido indicando en los apartados anteriores, una gran parte del agua que se detrae del medio hídrico no se consume sino que retorna al ciclo

del agua, estando disponible, después de un adecuado tratamiento o mediante la autodepuración que ocurre de forma natural en los ríos, para un uso posterior. El consumo de agua actual de un determinado territorio puede estimarse asumiendo unas tasas de consumo por usos sectoriales. En este documento se han utilizado las siguientes: 80% en agricultura, 20% en los usos urbano e industrial y 5% en el uso energético (refrigeración). La demanda para uso recreativo, de la cual se tienen pocos datos pero se sabe que es muy poco consuntiva, no se ha considerado en los cálculos.

A partir de los datos de demandas sectoriales, reflejados en los apartados anteriores, se ha estimado la demanda total y consuntiva para cada cuenca (Tabla 36).

País	Ámbito	Demanda urbana (hm <sup>3</sup> /año)	Demanda agraria (hm <sup>3</sup> /año)	Demanda industrial (hm <sup>3</sup> /año)	Demanda energética (hm <sup>3</sup> /año)	Demanda total (hm <sup>3</sup> /año)	Demanda consuntiva (hm <sup>3</sup> /año)
Portugal	Minho	4	128	0	3	135	103
Portugal	Lima+ancora	9	187	1	6	203	152
Portugal	Cavado+neiva	19	388	2	43	452	317
Portugal	Ave+rib.costa1	46	414	5	104	569	347
Portugal	Leca	31	30	8	34	103	34
Portugal	Douro+mangas	147	2.090	7	199	2.443	1.713
Portugal	Vouga+rib.costa2	43	498	12	66	619	413
Portugal	Mondego	44	853	5	31	933	694
Portugal	Lis+rib.costa3	12	79	3	9	103	67
Portugal	Rib.do oeste+apostica	44	234	1	52	331	199
Portugal	Tejo	261	2.662	10	208	3.141	2.194
Portugal	Guadiana	15	1.202	0	22	1.239	966
Portugal	Sado+melides	25	511	0	0	536	414
Portugal	Mira	2	135	0	16	153	109
Portugal	Sotavento+barlavento+ara de	74	535	1	7	617	443
Portugal	Total	776	9.946	55	800	11.577	8.165
España	Galicia costa	210	532	53	24	819	479
España	Norte I	77	475	32	33	617	403
España	Norte II	214	55	280	40	589	145
España	Norte III	269	2	215	0	486	98
España	Duero	214	3.603	10	33	3.860	2.929
España	Tajo	768	1.875	25	1.397	4.065	1.728
España	Guadiana I	119	2.157	31	5	2.312	1.756
España	Guadiana II	38	128	53	0	219	121
España	Guadalquivir	532	3.140	88	0	3.760	2.636
España	Sur	248	1.070	32	0	1.350	912
España	Segura	172	1.639	23	0	1.834	1.350
España	Júcar	563	2.284	80	35	2.962	1.958
España	Ebro	313	6.310	415	3.340	10.378	5.361
España	Cuencas Internas de Cataluña	682	371	296	8	1.357	493
España	Baleares	95	189	4	0	288	171
España	Canarias	153	264	10	0	427	244
España	Total	4.667	24.094	1.647	4.915	35.323	20.784
Francia	Artois+Picardie	402	22	283	1	708	155
Francia	Rhin+Meuse	438	164	976	7.580	9.158	793
Francia	Seine+Normandie	2.191	97	978	854	4.120	754
Francia	Loire+Bretagne	1.224	1.048	238	3.008	5.518	1.281
Francia	Adour+Garonne	748	2.028	783	311	3.870	1.944
Francia	Rhône+Méditerranée+Cor se	1.695	1.159	1.192	12.240	16.286	2.117
Francia	Total	6.698	4.518	4.448	23.993	39.657	7.044
Italia	Po	2.188	9.347	2.492	2.437	16.464	8.535
Italia	Veneto	1.000	2.937	1.191	1.556	6.684	2.866
Italia	Liguria	436	80	133	249	898	190
Italia	Romagna e Marche	407	1.974	937	524	3.842	1.874
Italia	Toscana	338	263	551	503	1.655	413
Italia	Lazio	957	554	543	534	2.588	770
Italia	Abruzzo e Molise	231	230	127	337	925	272
Italia	Campania	705	826	460	669	2.660	927
Italia	Puglia	488	1.217	639	150	2.494	1.207
Italia	Calabria e Basilicata	392	615	127	508	1.642	621
Italia	Sicilia	544	1.280	406	254	2.484	1.227
Italia	Sardegna	254	415	373	316	1.358	473
Italia	Total	7.940	19.738	7.979	8.037	43.694	19.375
Grecia	Western Peloponnese	23	206	3	8	240	170
Grecia	North Peloponnese	37	401	3	7	448	329
Grecia	Eastern Peloponnese	17	200	4	4	225	164
Grecia	Western Sterea Hellas	22	377	1	21	421	307
Grecia	Epirous	43	380	1	11	435	313
Grecia	Attica	289	102	18	1	410	143

País	Ámbito	Demanda urbana (hm <sup>3</sup> /año)	Demanda agraria (hm <sup>3</sup> /año)	Demanda industrial (hm <sup>3</sup> /año)	Demanda energética (hm <sup>3</sup> /año)	Demanda total (hm <sup>3</sup> /año)	Demanda consuntiva (hm <sup>3</sup> /año)
Grecia	Eastern Sterea Hellas and Euboia	42	784	6	6	838	637
Grecia	Thessalia	54	1.581	7	9	1.651	1.277
Grecia	Western Macedonia	40	370	30	10	450	311
Grecia	Central Macedonia	82	660	24	10	776	550
Grecia	Eastern Macedonia	23	390	10	8	431	319
Grecia	Thrace	27	420	3	3	453	342
Grecia	Kreta	42	330	2	5	379	273
Grecia	Aegean islands	37	87	1	3	128	77
Grecia	Total	778	6.288	113	106	7.285	5.212
Total		20.859	64.584	14.242	37.851	137.536	60.580

Tabla 36. Demandas sectoriales y totales en las distintas cuencas (en hm<sup>3</sup>/año). Fuente: CEDEX (1998 a), WRI (1997), Correia (1998 a), MIMAM (1998), INAG (1999) y Corine Land Cover

En la Figura 75 y Figura 76 se muestran respectivamente, las demandas totales y consuntivas (en mm) en cada una de las cuencas, observándose que en las cuencas de Portugal y Grecia, ambas figuras presentan un aspecto similar al no existir grandes diferencias entre las demandas totales y consuntivas, lo cual se explica por el predominio del uso agrícola. En Francia, fundamentalmente en las cuencas del Rin y del Ródano, las diferencias son muy importantes debido al predominio de la demanda energética.

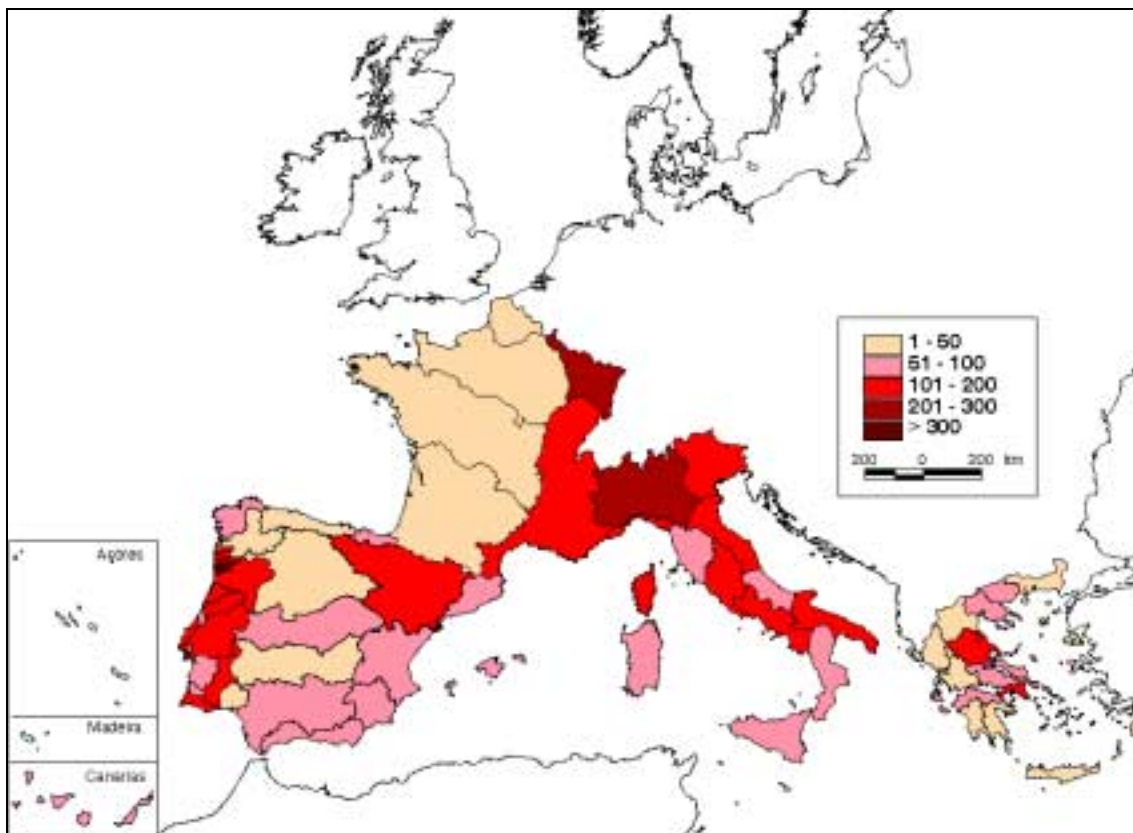


Figura 75. Demandas totales (en mm) en las distintas cuencas. Fuente: CEDEX (1998 a), WRI (1997), Correia (1998 a), MIMAM (1998), INAG (1999) y Corine Land Cover

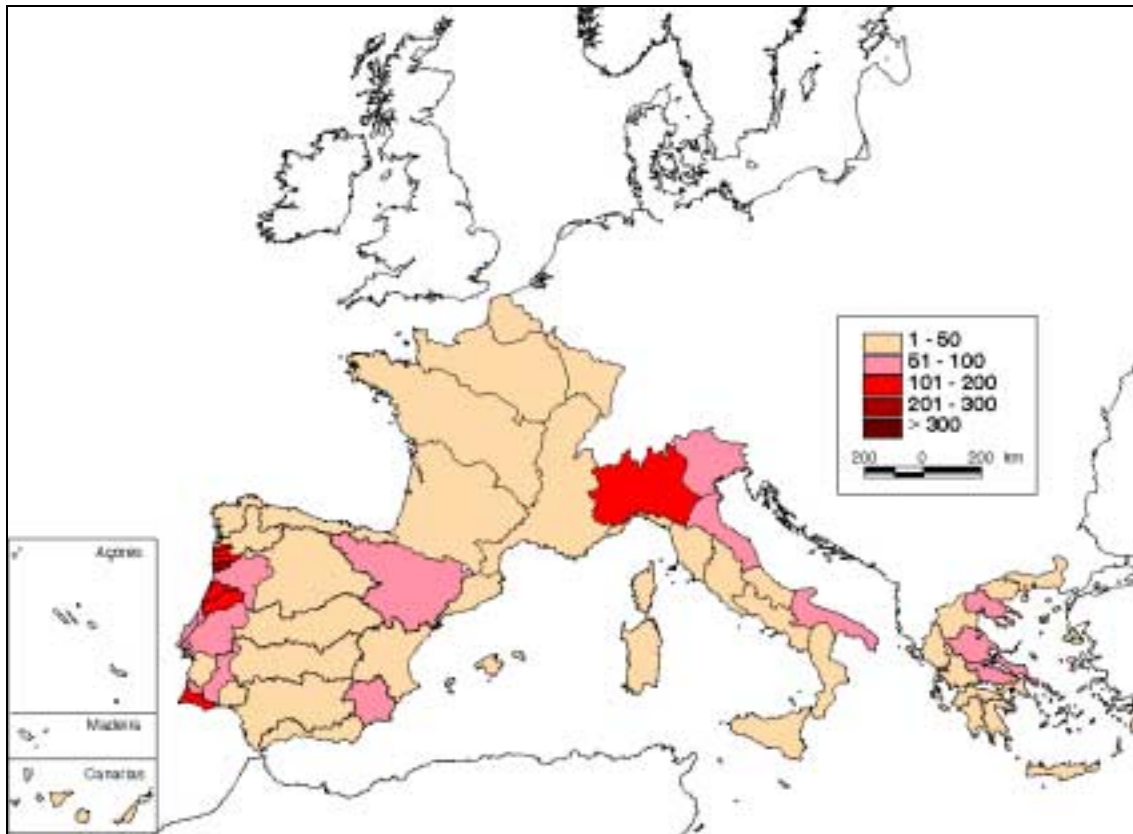


Figura 76. Demandas consuntivas (en mm) en las distintas cuencas. Fuente: CEDEX (1998 a), WRI (1997), Correia (1998 a), MIMAM (1998), INAG (1999) y Corine Land Cover

En la Tabla 37 se muestra un resumen por países de las demandas sectoriales, la demanda total y la demanda consuntiva.

Pais	Dem. total urbana	Dem. cons. urbana	Dem. total agrícola	Dem. cons. agrícola	Dem. total industrial	Dem. cons. industrial	Dem. total energética	Dem. cons. energética	Dem. total	Dem. cons.	Retorno
Portugal	776	155	9.946	7.957	55	11	800	40	11.577	8.165	3.412
España	4.667	933	24.094	19.275	1.647	329	4.915	246	35.323	20.784	14.539
Francia	6.698	1.340	4.518	3.614	4.448	890	23.993	1.200	39.657	7.044	32.613
Italia	7.940	1.588	19.738	15.790	7.979	1.596	8.037	402	43.694	19.375	24.319
Grecia	778	156	6.288	5.030	113	23	106	5	7.285	5.212	2.073
Total	20.859	4.172	64.584	51.667	14.242	2.848	37.851	1.893	137.536	60.580	76.956

Tabla 37. Consumo de agua actual en hm<sup>3</sup>/año en los países mediterráneos

Finalmente, en la Figura 77 se muestran las cifras globales de demandas totales y consuntivas en los distintos países, observándose por ejemplo la escasa demanda consuntiva de Francia con relación a su demanda total o la situación contraria en los casos de Grecia y Portugal. El país con una mayor demanda de agua total es Italia, mientras que España es el que tiene una mayor demanda consuntiva.

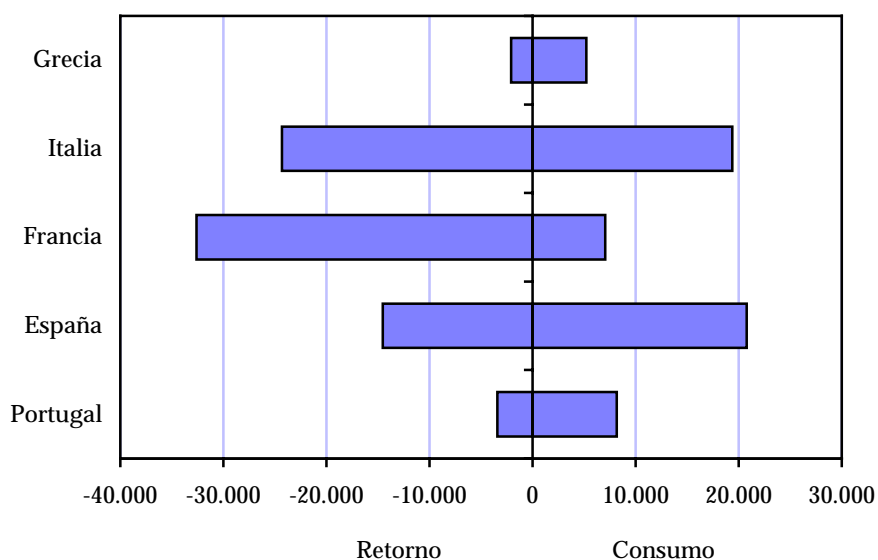


Figura 77. Demandas totales y consuntivas (en hm<sup>3</sup>/año) en los países considerados

## 5.4 Indicadores de uso del agua

### 5.4.1 Introducción

Para conocer la situación actual de uso de agua y el grado de estrés hídrico de un territorio es habitual utilizar indicadores que relacionen la demanda de agua y el recurso hídrico.

Desde el lado del recurso hídrico, es habitual que no se considere todo el recurso sino la fracción de éste que constituye un potencial de oferta, después de contemplar los requerimientos ambientales como una restricción de carácter superior, externa al propio sistema de utilización del agua. En el Libro Blanco del Agua en España (MIMAM, 1998) se ha seguido este criterio, introduciendo lo que denomina recurso potencial y que representa, como criterio general y únicamente a efectos de realizar análisis territoriales, la fracción del 80% del recurso natural. En el presente documento se ha supuesto que el recurso potencial es equivalente a esa misma fracción, 80%, del recurso natural generado internamente en las distintas cuencas.

A continuación se analiza la distribución territorial, en valores medios a largo plazo, de dos indicadores muy utilizados para conocer la situación de estrés hídrico que sufre un territorio desde el punto de vista de la cantidad, los denominados índices de explotación y consumo.

#### *5.4.2 Los índices de explotación y consumo*

Se entiende por índice de explotación el cociente entre la demanda total o detracción y el recurso potencial. Un índice de explotación que se aproxime a 1 o incluso sobrepase este valor no indica necesariamente escasez de agua, puesto que si las detracciones no están demasiado concentradas espacialmente, una parte importante de los retornos puede volver a ser utilizada.

Se entiende por índice de consumo el cociente entre la demanda consuntiva (detracciones menos retornos) y el recurso potencial. Esta relación puede interpretarse como indicador del riesgo de escasez. Si su valor es superior a 0,5 se trataría de una escasez de tipo coyuntural más o menos localizada, mientras que si se aproxima a 1 se trataría de una escasez de tipo estructural. Por el contrario, un índice de consumo bajo revelaría un potencial poco utilizado (Erhard-Cassegrain y Margat, 1993)

En Tabla 38 se muestra el recurso natural generado internamente, el recurso potencial, la demanda total, la demanda consuntiva y los índices de explotación y consumo en las distintas cuencas. Estos resultados se han obtenido a partir de los recursos generados internamente y no tienen en cuenta, por tanto, el recurso externo procedente de otros territorios, que en algunas cuencas podría reducir de forma muy significativa los problemas para la satisfacción de demandas.



País	Ámbito	Recurso natural interno (hm <sup>3</sup> /año)	Recurso potencial (hm <sup>3</sup> /año)	Demanda total (hm <sup>3</sup> /año)	Demanda consuntiva (hm <sup>3</sup> /año)	Índice de explotación (tanto por uno)	Índice de consumo (tanto por uno)
Portugal	Minho	954	763	135	103	0,18	0,13
Portugal	Lima+ancora	1.896	1.517	203	152	0,13	0,10
Portugal	Cavado+neiva	2.572	2.058	452	317	0,22	0,15
Portugal	Ave+rib.costa1	1.142	914	569	347	0,62	0,38
Portugal	Leca	189	151	103	34	0,68	0,22
Portugal	Douro+mangas	8.333	6.666	2.443	1.713	0,37	0,26
Portugal	Vouga+rib.costa2	2.464	1.971	619	413	0,31	0,21
Portugal	Mondego	4.156	3.325	933	694	0,28	0,21
Portugal	Lis+rib.costa3	422	338	103	67	0,31	0,20
Portugal	Rib.do oeste+apostica	661	529	331	199	0,63	0,38
Portugal	Tejo	7.959	6.367	3.141	2.194	0,49	0,34
<b>Portugal</b>	<b>Guadiana</b>	<b>1.746</b>	<b>1.397</b>	<b>1.239</b>	<b>966</b>	<b>0,89</b>	<b>0,69</b>
Portugal	Sado+melides	1.427	1.142	536	414	0,47	0,36
Portugal	Mira	428	342	153	109	0,45	0,32
<b>Portugal</b>	<b>Sotavento+barlavento+arade</b>	<b>811</b>	<b>649</b>	<b>617</b>	<b>443</b>	<b>0,95</b>	<b>0,68</b>
Portugal	Total	35.160	28.128	11.577	8.165	0,41	0,29
España	Galicia costa	12.250	9.800	819	479	0,08	0,05
España	Norte I	12.689	10.151	617	403	0,06	0,04
España	Norte II	13.881	11.105	589	145	0,05	0,01
España	Norte III	5.337	4.270	486	98	0,11	0,02
España	Duero	13.660	10.928	3.860	2.929	0,35	0,27
España	Tajo	10.883	8.706	4.065	1.728	0,47	0,20
<b>España</b>	<b>Guadiana I</b>	<b>4.414</b>	<b>3.531</b>	<b>2.312</b>	<b>1.756</b>	<b>0,65</b>	<b>0,50</b>
España	Guadiana II	1.061	849	219	121	0,26	0,14
España	Guadalquivir	8.601	6.881	3.760	2.636	0,55	0,38
España	Sur	2.351	1.881	1.350	912	0,72	0,48
<b>España</b>	<b>Segura</b>	<b>803</b>	<b>642</b>	<b>1.834</b>	<b>1.350</b>	<b>2,85</b>	<b>2,10</b>
<b>España</b>	<b>Júcar</b>	<b>3.432</b>	<b>2.746</b>	<b>2.962</b>	<b>1.958</b>	<b>1,08</b>	<b>0,71</b>
España	Ebro	17.967	14.374	10.378	5.361	0,72	0,37
España	Cuencas Internas de Cataluña	2.787	2.230	1.357	493	0,61	0,22
España	Baleares	661	529	288	171	0,54	0,32
<b>España</b>	<b>Canarias</b>	<b>409</b>	<b>327</b>	<b>427</b>	<b>244</b>	<b>1,31</b>	<b>0,75</b>
España	Total	111.186	88.949	35.323	20.784	0,40	0,23
Francia	Artois+Picardie	5.500	4.400	708	155	0,16	0,04
Francia	Rhin+Meuse	12.500	10.000	9.158	793	0,92	0,08
Francia	Seine+Normandie	20.000	16.000	4.120	754	0,26	0,05
Francia	Loire+Bretagne	43.000	34.400	5.518	1.281	0,16	0,04
Francia	Adour+Garonne	46.000	36.800	3.870	1.944	0,11	0,05
Francia	Rhône+Méditerranée+Corse	58.000	46.400	16.286	2.117	0,35	0,05
Francia	Total	185.000	148.000	39.657	7.044	0,27	0,05
Italia	Po	47.000	37.600	16.464	8.535	0,44	0,23
Italia	Veneto	30.000	24.000	6.684	2.866	0,28	0,12
Italia	Liguria	4.800	3.840	898	190	0,23	0,05
Italia	Romagna e Marche	10.100	8.080	3.842	1.874	0,48	0,23
Italia	Toscana	9.700	7.760	1.655	413	0,21	0,05
Italia	Lazio	10.300	8.240	2.588	770	0,31	0,09
Italia	Abruzzo e Molise	6.500	5.200	925	272	0,18	0,05
Italia	Campania	12.900	10.320	2.660	927	0,26	0,09
<b>Italia</b>	<b>Puglia</b>	<b>2.900</b>	<b>2.320</b>	<b>2.494</b>	<b>1.207</b>	<b>1,08</b>	<b>0,52</b>
Italia	Calabria e Basilicata	9.800	7.840	1.642	621	0,21	0,08
Italia	Sicilia	4.900	3.920	2.484	1.227	0,63	0,31
Italia	Sardegna	6.100	4.880	1.358	473	0,28	0,10

País	Ámbito	Recurso natural interno (hm <sup>3</sup> /año)	Recurso potencial (hm <sup>3</sup> /año)	Demanda total (hm <sup>3</sup> /año)	Demanda consuntiva (hm <sup>3</sup> /año)	Índice de explotación (tanto por uno)	Índice de consumo (tanto por uno)
Italia	Total	155.000	124.000	43.694	19.375	0,35	0,16
Grecia	Western Peloponnese	3.750	3.000	240	170	0,08	0,06
Grecia	North Peloponnese	3.550	2.840	448	329	0,16	0,12
Grecia	Eastern Peloponnese	1.950	1.560	225	164	0,14	0,11
Grecia	Western Sterea Hellas	10.600	8.480	421	307	0,05	0,04
Grecia	Epirous	5.550	4.440	435	313	0,10	0,07
Grecia	Attica	400	320	410	143	1,28	0,45
Grecia	Eastern Sterea Hellas and Euboia	2.950	2.360	838	637	0,36	0,27
Grecia	Thessalia	4.600	3.680	1.651	1.277	0,45	0,35
Grecia	Western Macedonia	4.950	3.960	450	311	0,11	0,08
Grecia	Central Macedonia	4.700	3.760	776	550	0,21	0,15
Grecia	Eastern Macedonia	4.200	3.360	431	319	0,13	0,09
Grecia	Thrace	1.500	1.200	453	342	0,38	0,29
Grecia	Kreta	2.600	2.080	379	273	0,18	0,13
Grecia	Aegean islands	1.250	1.000	128	77	0,13	0,08
Grecia	Total	52.550	42.040	7.285	5.212	0,17	0,12
Total		538.896	431.117	137.536	60.580	0,32	0,14

Tabla 38. Recursos, demandas e índices por cuencas en los países mediterráneos

Con el objeto de visualizar espacialmente los indicadores anteriores, en el mapa de la Figura 78 y Figura 79 se muestran, respectivamente, los índices de explotación y de consumo en las distintas cuencas consideradas.

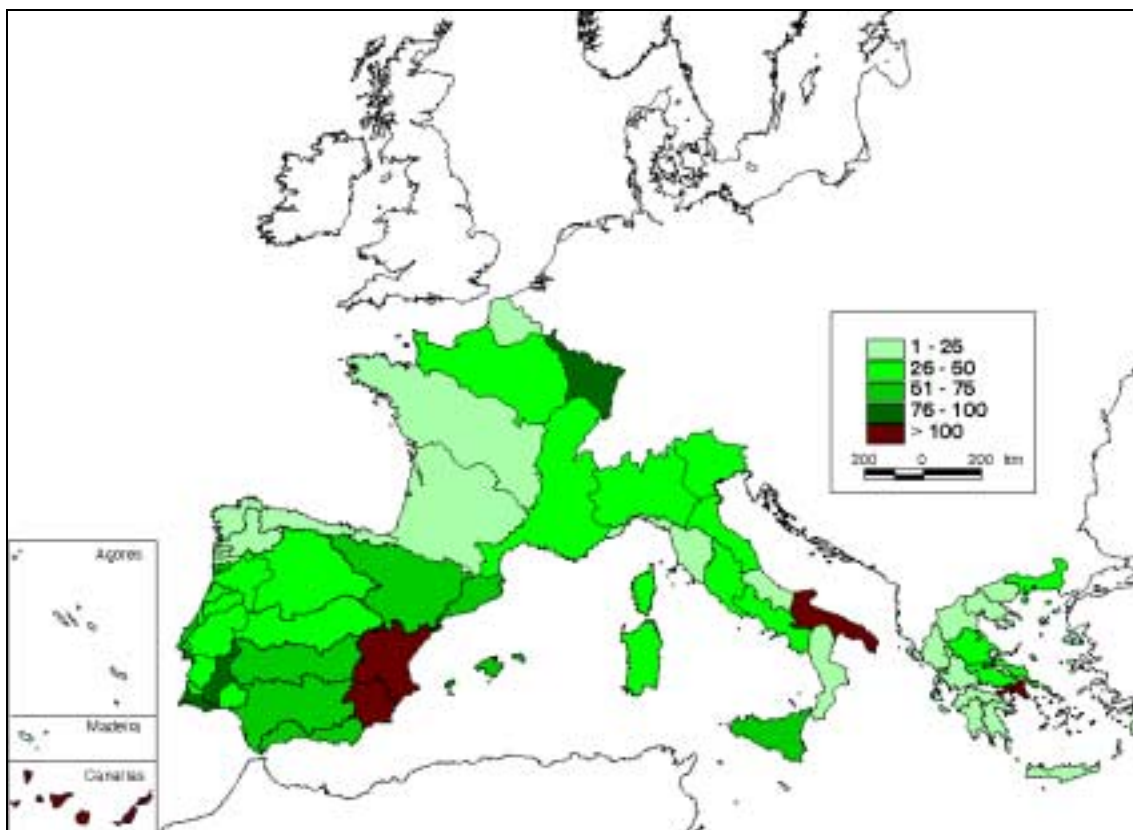


Figura 78. Índice de explotación en las cuencas (en %)

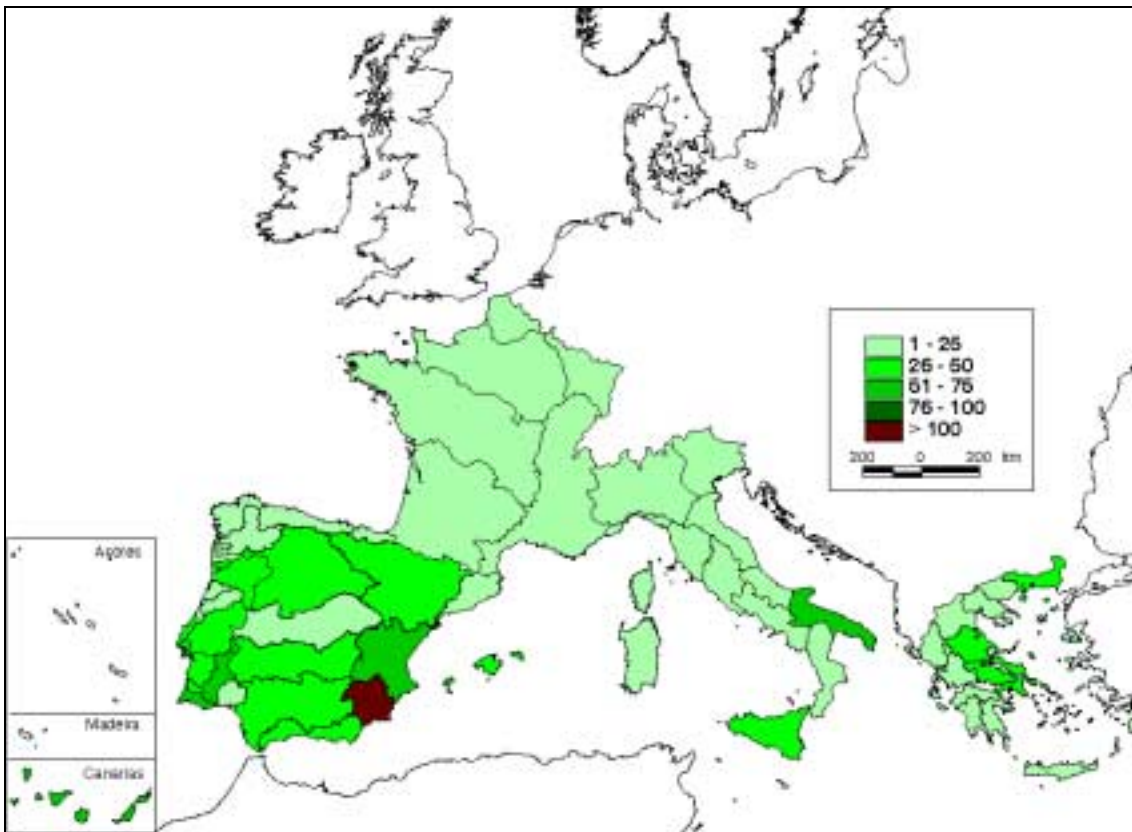


Figura 79. Índice de consumo en las cuencas (en %)

Los mapas anteriores ponen de relieve que existen una serie de zonas en los países mediterráneos de la UE con problemas para satisfacer las demandas de agua con los recursos existentes y que sin embargo hay otras zonas, que incluso se extienden a todo un país en el caso de Francia, donde, al menos desde la óptica de la cantidad, éstos problemas no son regionalmente importantes.

Entre las zonas donde sí existen esos problemas cabe mencionar las cuencas del sudeste de las tres penínsulas mediterráneas, la ibérica, la italiana y la griega. Como ejemplos de estas zonas se pueden mencionar la cuenca del Segura en España, con riesgo de escasez estructural y las cuencas del Júcar, también en España y de Apulia, en Italia, con riesgos de escasez coyuntural. Las razones para esta situación son los reducidos recursos por unidad de superficie y la elevada demanda consuntiva, fundamentalmente debida al uso agrícola.

Conviene mencionar también como en el Sur de Portugal existen ciertos problemas de escasez, en concreto en la cuenca de Sotavento+Barlovento+Arade. El riesgo de escasez coyuntural que se observa en la cuenca portuguesa del río Guadiana desaparecería, sin embargo, si se considerasen los aportes externos de la cuenca vertiente española del río Guadiana.

Otra característica que debe destacarse son los problemas de escasez de recursos de algunos territorios insulares. Las Islas Canarias en el Océano Atlántico y en menor medida las islas Baleares o la isla de Sicilia presentan situaciones difíciles en términos de recursos hídricos. Las razones para esta situación son la dependencia exclusiva de los recursos generados íntegramente en las islas y el turismo estacional existente que incrementa sustancialmente la punta de la demanda en los meses estivales.

## **5.5 Situaciones de estrés hídrico**

### *5.5.1 Las sequías*

Una sequía está caracterizada principalmente por la ausencia de precipitación durante un periodo de tiempo continuado, efecto que suele venir acentuado por un incremento de las temperaturas. Ambos factores meteorológicos producen impactos directos sobre el ciclo hidrológico y pueden provocar una disminución importante de los recursos. Batini y Benedini (1998) señalan que en los países mediterráneos no son las bajas precipitaciones de un único año las que producen la sequía sino la aparición de una secuencia de años con bajas precipitaciones. Si esas disminuciones en los recursos afectan a zonas con gran demanda de agua, se producirán a su vez impactos sobre las detracciones para los usos sectoriales del agua, así como en el estado ecológico del agua para el desarrollo de las especies.

Aunque generalmente el concepto de sequía se refiere a situaciones meteorológicas o hidrológicas, en la gestión de los sistemas de explotación de recursos hídricos cada vez se utiliza más el concepto de sequía operacional, que suele entenderse como fallos en el suministro cuando no se satisfacen las demandas. Estos fallos son tanto debidos a causas hidrológicas como a las prácticas de planificación y gestión.

Una de las tareas de la planificación hidrológica consiste en minimizar los valores esperados de los fallos del sistema o sequías operacionales. Existen diferentes conceptos que caracterizan la capacidad de un sistema para hacer frente a una escasez de agua, como la garantía (indicador del porcentaje de fallos), la resiliencia (indicador de la duración media de los fallos) o la vulnerabilidad (indicador de la magnitud de los fallos), los cuales se relacionan con variables clásicas de los estudios de sequía, como la frecuencia, severidad, duración o intensidad.

Las sequías no se producen a la vez en todos los países europeos. En la línea de investigar esas relaciones conviene mencionar los trabajos de regionalización y análisis de sequías que se están realizando dentro del marco del proyecto ARIDE (University Freiburg, 1999), donde se han estimado los coeficientes de correlación de Pearson de las series de precipitaciones anuales entre los distintos países europeos (Tabla 39). Estos coeficientes muestran la nula

correlación existente entre los países mediterráneos y los centroeuropeos, o que existe una mayor correlación entre las precipitaciones de los países centroeuropeos que entre las de los países mediterráneos. También dentro de la región mediterránea, las precipitaciones en las áreas occidentales y orientales siguen patrones interanuales diferentes (la correlación entre Portugal y Grecia es prácticamente nula).

	Alemania	Dinamarca	España	Francia	Grecia	Italia	Portugal	Reino Unido
Alemania	1	0,72	-0,15	0,57	-0,03	-0,07	-0,09	0,63
Dinamarca		1	-0,12	0,57	-0,13	-0,01	-0,12	0,75
España			1	0,27	0,15	0,42	0,84	-0,09
Francia				1	0,15	0,50	0,30	0,61
Grecia					1	0,28	0,09	-0,18
Italia						1	0,36	0,05
Portugal							1	-0,02
Reino Unido								1

Tabla 39. Coeficientes de correlación entre las precipitaciones anuales de algunos países europeos. Fuente: University of Freiburg, 1999

Las sequías que han tenido lugar recientemente en Europa y en concreto en la Europa mediterránea, han mostrado la vulnerabilidad de los sistemas de explotación de recursos hídricos frente a las variaciones en el ciclo hidrológico. En la Tabla 40 se muestran algunas de las principales sequías ocurridas en los últimos años, indicándose sus principales características.

Fecha	Región	Características
1971	La mayor parte de Europa	Año excepcionalmente seco La lluvia en invierno mas baja en España durante 30 años
1974	Escandinavia, Francia, Holanda, Austria	Lluvias muy reducidas en el periodo abril – agosto en Francia
1988-1992	La mayoría de Europa	Prolongado modelo de circulación atmosférica con deficiencia de lluvia. Temperaturas altas en el verano y por encima de la media en invierno. 3 000 ríos se secaron en Francia a final del año 1990.
1990-1995	España, Portugal	Prolongada sequía en la península ibérica, excepto la costa norte. Más intensa entre septiembre de 1994 y agosto de 1995
1997	Francia, UK, Irlanda, Portugal y Alemania	Precipitaciones muy bajas

Tabla 40. Resumen de algunas sequías recientes que han afectado a países mediterráneos. Fuente: ETC-IW, 1999

De la tabla anterior se deduce que el período más reciente de sequía generalizada que ha tenido lugar en la Europa mediterránea ocurrió entre los años 1988 y 1992 (Figura 80).

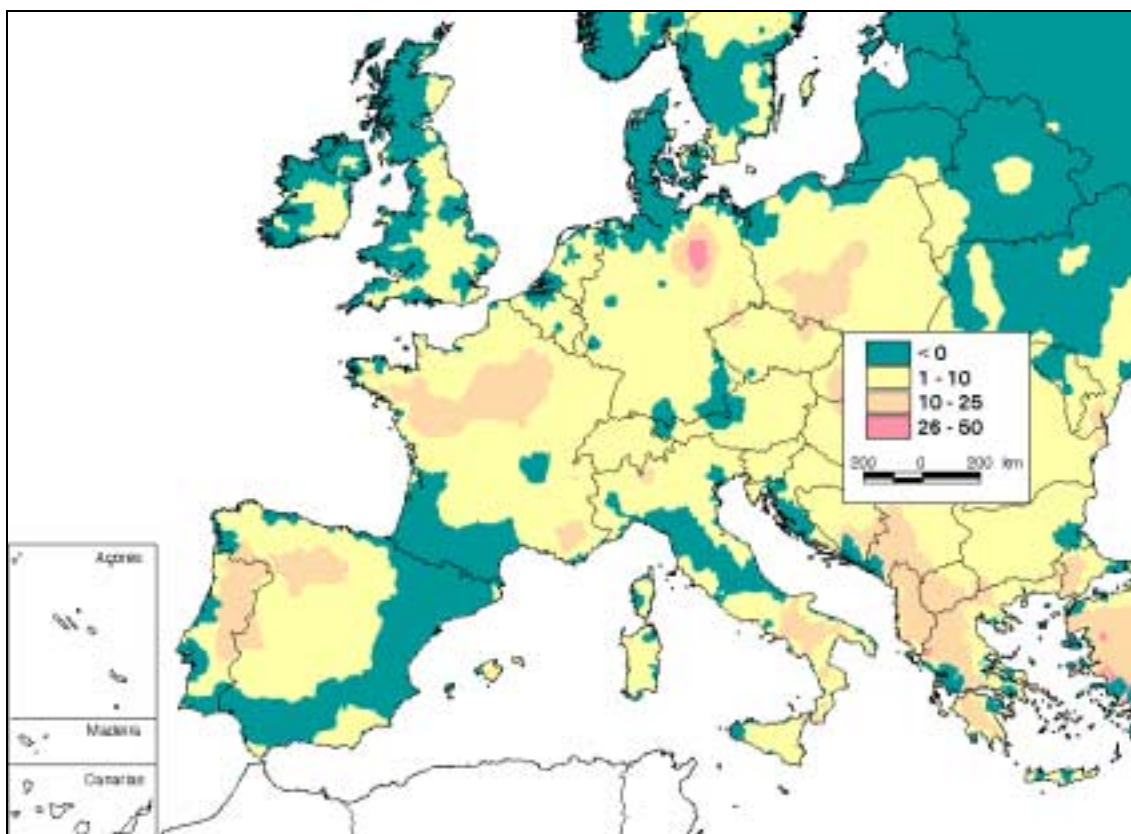


Figura 80. Disminución porcentual de la precipitación en el periodo 1988-1992 respecto a los valores medios del periodo 1900-1996

En esos años se registraron precipitaciones y escorrentías muy inferiores a la media interanual en muchos países, particularmente del centro y sur europeos. No sucedió así en el norte, donde se produjeron escorrentías más elevadas que en épocas anteriores. Los mayores impactos de la sequía se registraron en zonas en las que la presión sobre los recursos era más fuerte, particularmente las debidas a la demanda de agua para riego. La disminución espectacular de la escorrentía de muchos ríos y el descenso continuado de las reservas hídricas en los embalses provocaron problemas para el suministro de los regadíos, con lo que la producción agrícola quedó tremendamente afectada. Al ser no uniforme la distribución de los recursos entre distintas regiones, se originaron conflictos políticos a la hora de intentar buscar soluciones para un mejor reparto de los recursos en dicha situación.

En Grecia, el periodo de 6 años de sequía comprendido entre 1987-88 y 1992-93 incluyó dos años extremadamente secos, 1989-90 y 1991-91, durante los cuales las aportaciones fueron las más bajas registradas durante el siglo XX. La severa sequía junto con la sobreexplotación previa del embalse de Mornos produjo una situación crítica que tuvo que remediarse con medidas tanto desde el lado de la oferta como la demanda. Entre estas medidas adoptadas cabe mencionar las siguientes: reducción del consumo doméstico hasta un 30% mediante el aumento del precio del agua, el establecimiento de multas y las campañas de concienciación ciudadana; reducción de otros usos, como el agrícola en la

llanura de Kopais o el riego de parques y jardines en Atenas mediante aguas de baja calidad; el bombeo de aguas muertas de los embalses, mediante estaciones de bombeo instaladas en los embalses de Mornos e Iliki; la utilización de las aguas subterráneas para suministro urbano y otros usos, destinando 110 hm<sup>3</sup> para el suministro de Atenas; y la expansión de los principales sistemas de suministro usando nuevas aguas superficiales, con la construcción de un nuevo embalse y sus correspondientes canales de distribución del agua (Koutsoyiannis y Mimikou, 1995).

En la península ibérica se produjo una sequía prolongada entre los años 1990 y 1995. Esta sequía tuvo sus peores consecuencias en el sur de España, donde produjo un periodo muy crítico entre el año 1992 y el año 1995. En esa zona y en concreto en la ciudad de Sevilla, la precipitación descendió a un 70% de la media y la escorrentía fue menor del 30% de la media. La duración de la sequía afectó severamente a la gestión del agua de la ciudad, cuyo abastecimiento se basa en las reservas de los embalses interanuales. Dos de los factores que agravaron la situación fue la relativamente alta demanda per capita para uso urbano (400 l/cap/día) y la celebración de la exposición Universal en el 1992, que produjo un incremento de la demanda urbana. Debido a la ausencia de precipitación, los embalses alcanzaron en el año 1993 los mínimos niveles para garantizar el suministro.

Durante los años 1992 y 1993 las autoridades decretaron medidas para promover el ahorro de agua, incluido el establecimiento de un período de 12 horas al día de corte del suministro durante varios meses. Con estas medidas se consiguieron reducciones de hasta un 35% de la demanda para uso urbano. Por otra parte se llevaron a cabo una serie de medidas para aumentar la cantidad de agua disponible, como la apertura de pozos de bombeo o la realización de nuevas derivaciones de los ríos. Las precipitaciones caídas al final del 1993 hicieron que en noviembre se levantaran las medidas de emergencia. Sin embargo durante la segunda mitad del año 1994 las reservas volvieron a disminuir y en el 1995 se implantaron otra vez las restricciones. En el invierno de ese año comenzó a vivirse el final de la sequía y todas las medidas de emergencia fueron levantadas. Este ejemplo ilustra los problemas para el abastecimiento urbano de una gran ciudad como Sevilla, con una población de 700.000 habitantes, en un periodo de sequía (EMASESA, 1997 a y 1997 b).

Otro tipo de sequía distinta de las anteriores fue la que ocurrió en Francia en el año 1976. La Compañía de Electricidad Francesa (EDF) sabía desde el invierno de 1975 que la nieve caída era insuficiente para que con su fusión llegase suficiente agua a los grandes embalses hidroeléctricos entre los meses de marzo y septiembre. En febrero de 1976 se tomaron medidas para utilizar plantas térmicas para la generación de energía y así preservar los niveles de agua en estos embalses (Chastan, 1996).

Mientras que a la sequía de 1976 le siguió el desarrollo de muchas interconexiones de seguridad, en la que tuvo lugar más recientemente en el periodo 1990-1992 se inició una estrategia basada en la gestión, con transferencias del agua almacenada en los embalses hidroeléctricos hacia la agricultura al coste de oportunidad.

### *5.5.2 Las inundaciones*

Las avenidas son fenómenos naturales caracterizados por la aparición de caudales y niveles de agua extraordinarios en los ríos, los cuales pueden causar daños a la vida humana, a la propiedad y a las infraestructuras. Constituyen la catástrofe natural más común en Europa y la que mayor coste económico provoca. No obstante, hay que resaltar que el riesgo y el daño asociado a las avenidas es la consecuencia de la interferencia entre los diversos factores naturales y la actividad humana.

Los países mediterráneos se encuentran entre los más afectados en la Unión Europea por el fenómeno de las avenidas. Zonas como la costa mediterránea, los valles del Loira y el Sena, la zona costera de Portugal, el valle del Po, etc figuran entre las que con mayor frecuencia las sufren. Además, estas áreas se encuentran entre las más ricas y pobladas de la Unión Europea, por lo que las consecuencias de las avenidas suelen ser importantes.

A continuación se analizan, para los países de la Europa mediterránea, los principales factores y aspectos que influyen en la generación de las avenidas y en sus consecuencias, así como sus características principales.

Los principales factores naturales que determinan la formación de avenidas son las precipitaciones y las características de las cuencas.

Los tipos de lluvia responsable de la generación de la mayor parte de las avenidas en los países mediterráneos son las lluvias muy intensas y de muy corta duración caídas sobre cuencas de pequeño tamaño y fuertes pendientes. Este tipo de lluvia suele tener lugar principalmente a finales del verano y durante el otoño. Un ejemplo ilustrativo de la alta concentración temporal de estas lluvias se muestra en la Figura 81, donde se observa que algunas áreas de los países mediterráneos presentan valores máximos de precipitación diaria cercanos a la lluvia media anual.



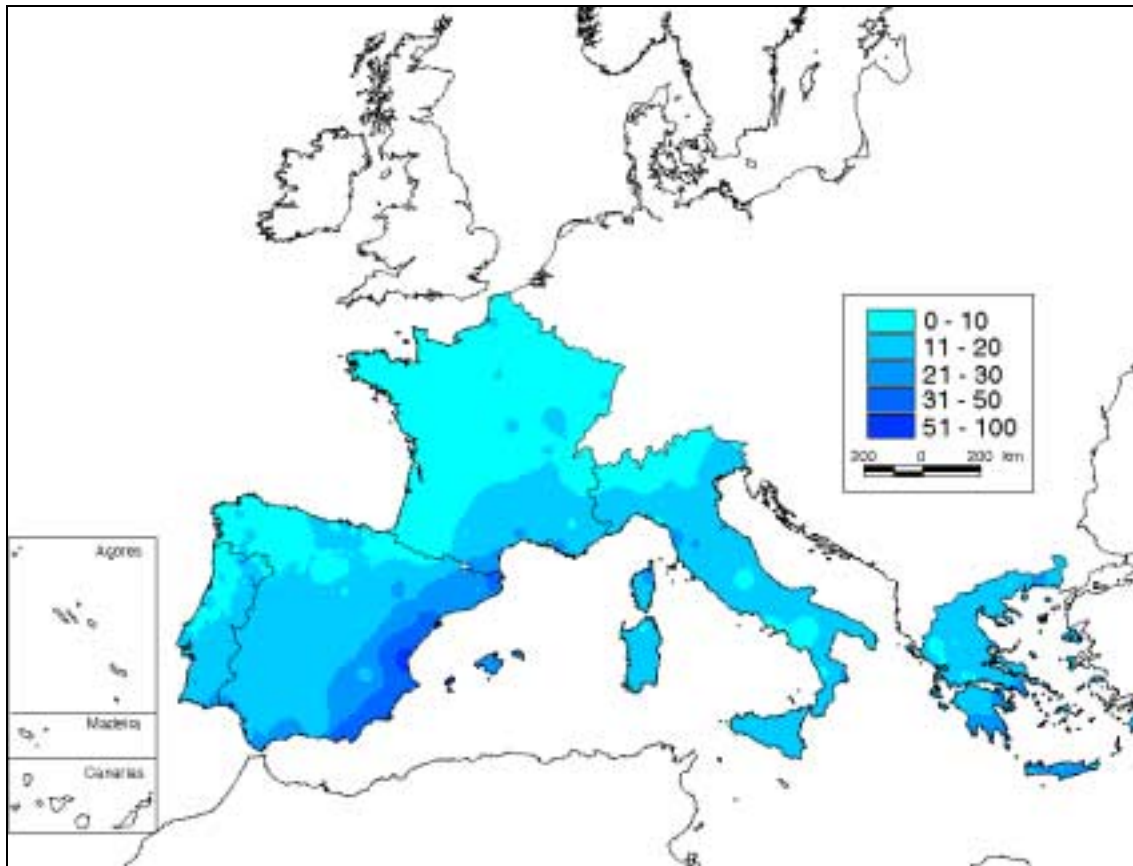


Figura 81. Relación entre la precipitación máxima diaria y la precipitación media anual en los países mediterráneos (periodo 1940/41-1995/96). Fuente de los datos: Eurostat.

El tipo de avenida que genera esta clase de lluvias es conocido como *flash flood* o *avenida relámpago* y dentro de los países mediterráneos se produce en áreas de la Costa Azul, al este de los Pirineos, en Cevennes y Córcega en Francia, en el noroeste de Italia, en Cataluña y Valencia en España, etc (Figura 82). Estas avenidas son las que tienen los efectos más catastróficos, como lo muestran las ocurridas recientemente en España (Biescas en 1996 con 86 muertos) y en Italia (Sarno y Quindici en 1998 con 300 muertos), debido a que la gran rapidez con que se produce la avenida impide el empleo de los procedimientos de alerta y de las acciones de emergencia.

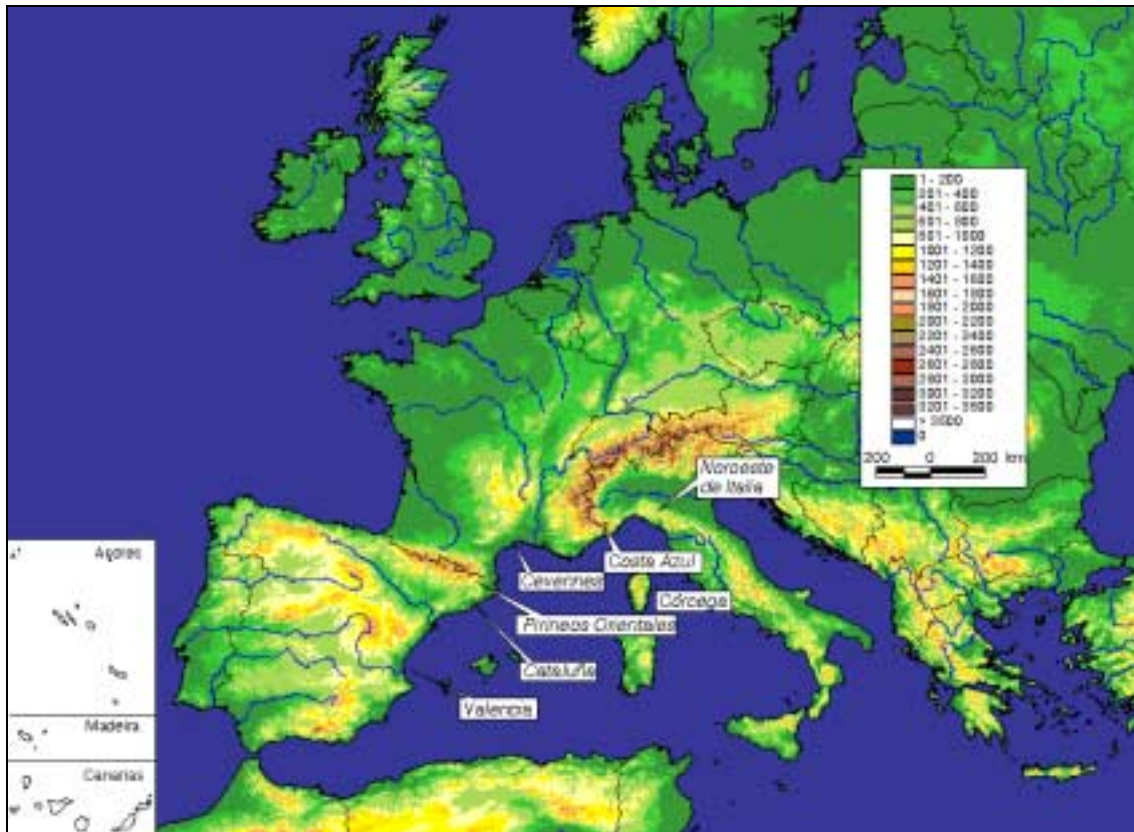


Figura 82. Localización de las principales zonas con avenidas relámpago (flash-floods) en la Europa mediterránea (tomada de ETC-IW, 1999)

La situación en los países del norte y centro de Europa es radicalmente diferente. En estos lugares las principales avenidas son consecuencia de lluvias intensas y continuas de gran duración caídas sobre cuencas de medio o gran tamaño. También es importante la coincidencia de lluvias fuertes con los caudales generados por la fusión de la nieve.

Las avenidas generadas por estas lluvias son las propias de las grandes cuencas, típicas de los tramos medios y bajos de los grandes ríos y se caracterizan por su larga duración y por el aumento relativamente lento de los caudales. Durante su desarrollo se suele producir la inundación de grandes extensiones de terreno aunque, al producirse de una forma bastante lenta, suele dar tiempo a adoptar medidas para mitigar sus efectos. Este tipo de avenidas también pueden producirse en los tramos bajos de los grandes ríos de los países mediterráneos.

Un indicador de la irregularidad del régimen de crecidas de un río es la relación entre su caudal extraordinario y ordinario. Este indicador depende del tamaño de la cuenca y del régimen meteorológico y, con carácter general, toma valores pequeños en los ríos del norte y centro de Europa y grandes en los del Mediterráneo, disminuyendo a medida que crece el tamaño de la cuenca (Figura 83).

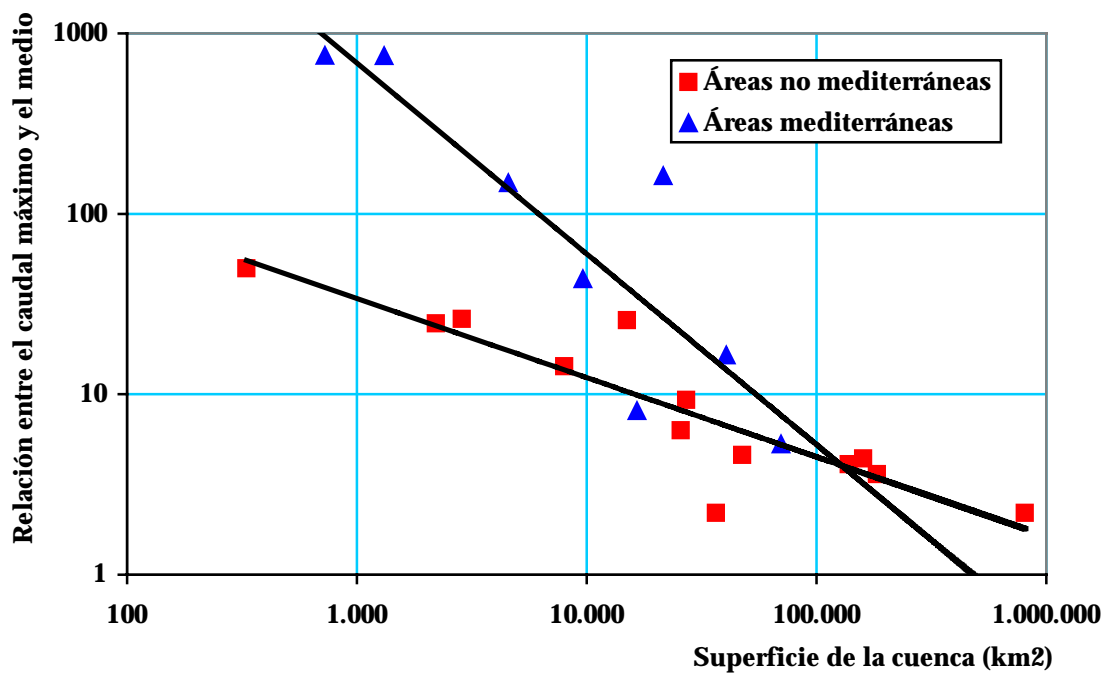


Figura 83. Relación entre el caudal extraordinario y medio anual según la región y el área de la cuenca (tomada de ETC-IW, 1999).

Otro de los factores esenciales en la formación de las avenidas es la naturaleza del terreno y la vegetación de la cuenca. Tanto la lluvia interceptada por la vegetación como la infiltrada en el terreno reducen considerablemente la formación de escorrentía y, por tanto, los caudales. La presencia de vegetación es esencial para fijar el terreno y evitar la erosión principalmente en terrenos con gran pendiente. Esto es importante en algunos de los países mediterráneos, como Grecia y España, donde la protección contra la erosión es uno de los principales objetivos de la reforestación.

Los efectos de la deforestación son mucho más importantes en los países mediterráneos que en los del centro y norte de Europa debido a que en estos últimos las áreas deforestadas se cubren rápidamente de hierba y maleza.

Dentro de los cambios de uso del suelo hay que destacar la urbanización de los terrenos rurales. La localización de los asentamientos y actividades humanas en zonas potencialmente inundables es uno de los motivos de las graves consecuencias de las avenidas. El aumento de población y su tendencia actual a concentrarse en zonas urbanas han agravado considerablemente los efectos de las inundaciones, destacando en este sentido la costa mediterránea como una de las zonas de mayor crecimiento urbanístico en los últimos años.

Por otra parte, cuando los núcleos urbanos se localizan en la cabecera de las cuencas pueden conducir a un aumento de los caudales, principalmente cuando se eliminan zonas de almacenamiento natural o zonas pantanosas. Este efecto se

produce en las concentraciones urbanísticas de la costa mediterránea (Nimes, Marsella, etc) donde se observan avenidas rápidas en cuencas pequeñas y de gran pendiente.

Como ya se mencionó con anterioridad, las avenidas son la catástrofe natural más frecuente y que mayores pérdidas provoca en Europa, estando especialmente afectados por este problema los países mediterráneos. Como ejemplo de las altísimas pérdidas provocadas por las avenidas en Europa se puede dar la cifra correspondiente al periodo 1991-1995 que fue del orden de 80.000 millones de euros.

En la Tabla 41 se citan las principales avenidas ocurridas en los países de la Europa mediterránea durante los últimos años junto con las pérdidas que provocaron.

Fecha	Localización	Número de víctimas mortales	Daños estimados <sup>21</sup>
22/09 1992	Vaison-La-Romaine (F),	41	336 mEuros
	Savona (I)	2	
27-28/09 1992	Génova (I)	2	10 mEuros
03-06/10 1992	Véneto (I)		10 mEuros
31/10 1992	Costa del Tirreno	3	712 mEuros
	Sicilia (I)		
12-1993	Bélgica	-	30 mDM
01-1994	Alemania	-	1,300 mDM
	Francia	-	
	Países Bajos	-	180 mDM
	Reino Unido		
10-1994	Atenas	-	14 mEuros
4-6/11 1994	Piamonte(I)	64	13,000 mEuros
11/08 1995	La Ciotat(F)	30	
19/09 1995	Friuli(I)	2	
4-6/10 1995	Nimes (F),		
	Liguria (I)	1	10 mEuros
19/06 1996	Versilia (I)	13	
07/08 1996	Biescas (E)	86	
08/10 1996	Emilia-Romagna, Calabria (I)		
		1	
1997	Badajoz (E)	18	
1998	Sarno (I)	300	
2000	Soverato (I)	11	

Tabla 41. Principales avenidas ocurridas en los países de la Europa mediterránea durante el periodo 1992-1998. Adaptada y completada de ETC-IW, 1999

El área total en Portugal con problemas de inundación se encuentra entre 700 y 1.800 km<sup>2</sup> (0,8 a 2% de la superficie total). Las zonas con mayor probabilidad de inundación, con sólo algunas excepciones, son principalmente agrícolas como

<sup>21</sup> mEuros=million Euro = 10<sup>6</sup> Euro  
mDM (Deutsche Mark)=million DM = 10<sup>6</sup>DM

es el caso de los grandes valles de ríos como el Tajo y el Mondego. El problema de las avenidas en Portugal se ha agravado en las tres últimas décadas debido a la urbanización realizada. En 1967 y 1983 se produjeron importantes avenidas relámpago en pequeños cursos de agua próximos a Lisboa que produjeron víctimas y pérdidas económicas de diversa consideración (Soromenho y Alzira, 1996).

Una avenida ocurrida recientemente en España fue la crecida del Barranco de Aras cerca de la población de Biescas en agosto de 1996, en una pequeña cuenca de 20 km<sup>2</sup> localizada en los Pirineos. Dicha avenida reunió las características de avenidas relámpago y un total de 86 personas murieron como consecuencia de la súbita riada de agua y barro que cubrió el camping localizado cerca del cauce del torrente. La fuerte pendiente de los cauces y la intensidad de la lluvia, 250 mm en menos de 24 horas, fueron las causas principales de la inundación (ETC-IW, 1999b).

La avenida de Vaison la Romaine en Francia en el mes de septiembre de 1992 resultó catastrófica. Las causas de esta inundación fueron dos violentas tormentas ocurridas aguas arriba de Vaison la Romaine. Los daños fueron considerables donde el río Ouveze cruza la población de Vaison, aguas abajo de esa población, donde la onda de avenida aumentó y causó daños importantes en muchas poblaciones y en los alrededores de Bedarrides. Al mismo tiempo la situación fue crítica en Mont Ventoux donde los cursos de agua rompieron las márgenes y extensas áreas, normalmente protegidas, se inundaron. Los daños fueron graves, 41 víctimas, 67 comunas afectadas, 9.000 personas sufrieron distintos tipos de daños y 12 puentes resultaron arrastrados por las aguas (Chastan, 1996).

Las avenidas e inundaciones son un fenómeno frecuente y bien conocido en las regiones de Italia, donde recientes estimaciones sugieren que, sólo en este siglo cerca de 3.000 lugares han sufrido al menos una vez una inundación (Guzzetti et al., 1994). Entre estos eventos, un número de avenidas catastróficas a lo largo de los ríos Po, Arno y Adda han dejado miles de personas sin hogar y han ocasionado grandes daños tanto directos como indirectos. Los eventos mencionados son típicos de grandes cuencas cuyos ríos, al menos en las zonas más bajas, tienen un flujo permanente durante todo el año, pero el territorio italiano está conformado por pequeñas cuencas, particularmente en las regiones del sur, en las grandes islas y a lo largo de la costa de Liguria. Ríos pertenecientes a estas cuencas tienen, preferentemente, características torrenciales y su flujo es extremadamente variable durante todo el año. El elevado flujo suele venir acompañado también de transporte masivo de sedimentos. En años recientes los terrenos en pendiente en los alrededores de Génova han sufrido repetidamente eventos de este tipo (Batini y otros, 1996).

También cabe mencionar como ejemplo de este tipo de avenida, la que afectó a la población de Sarno en 1998, durante la cual se produjeron 300 víctimas

debido a un río de barro que destruyó un área urbana donde un gran número de edificaciones se habían construido sin licencia. La cuenca no pudo retener el gran volumen de barro y agua debido a la intensa edificación y a la falta de vegetación y de suelo (ETC-IW, 1999b). Recientemente, en septiembre de 2000 se produjo un aluvión de agua y detritos del torrente Beltrame en la localidad de Soverato en la costa oriental de Calabria, el cual produjo la inundación del camping Le Giare, situado en la zona inundable del torrente en las proximidades de la costa. Esta avenida causó la muerte de más de 10 personas.

Las avenidas en Grecia se deben, principalmente, a las precipitaciones intensas y en su génesis juega un papel muy importante la deforestación y la urbanización. Estas avenidas son más destructivas en la parte oriental de Grecia que en la occidental, debido a las condiciones climáticas, combinada con las geomorfológicas, de vegetación y humanas. La inundación de áreas urbanas resulta el caso más frecuente de inundaciones en Grecia siendo Atenas la ciudad que ha sufrido los mayores problemas de inundación de todo el país, tanto por los factores climatológicos y geomorfológicos como por el desarrollo urbanístico ocurrido en los últimos 50 años que trajo consigo una disminución de los parques naturales, tierras agrícolas y red hidrográfica, cuando muchos cursos de agua se convirtieron en calles. La inundación más severa de los últimos 10 años ocurrió en octubre de 1994 debido a una tormenta muy intensa (la precipitación máxima horaria llegó hasta 68 mm). Las consecuencias de la tormenta fueron la inundación extensa con daños de calles, viviendas y áreas comerciales e industriales, así como el desbordamiento de los cursos de agua en gran parte de la ciudad. Una estimación de los daños causados por la avenida se cifra en 13 millones de Euros para propiedades comerciales e industriales y 1 millón de Euros para viviendas (Koutsoyiannis D. y M Mimikou, 1996).

### *5.5.3 La erosión y desertificación en las cuencas*

Aridez, sequía y desertificación son conceptos distintos pero muy relacionados entre sí, los cuales suelen confundirse con frecuencia. Aridez es una situación permanente que fundamentalmente se produce por causas naturales. Sequía es un evento meteorológico extremo de carácter temporal que se produce por condiciones naturales. En cuanto a la desertificación es básicamente un proceso humano que puede intensificarse por causas naturales y tiende a ser una situación permanente (Correia, F.N., 1996).

Más específicamente, se entiende como desertificación al conjunto de procesos de degradación ambiental que tienen lugar en tierras secas (zonas hiper-áridas, áridas, semi-áridas y sub-húmedas) y que resultan de situaciones de estrés hídrico, de una gestión no adecuada de los recursos o de ambas. El proceso de desertificación da lugar a un deterioro de la capacidad productiva de la tierra y de los sistemas socio-económicos en general. Las zonas afectadas por este fenómeno sufren escasez de agua durante al menos una estación del año, se ven

fuertemente impactadas por la sobreexplotación de recursos y sufren (o han sufrido) sequías o períodos secos de duración mayor que la considerada normal para esta región.

Las cuencas mediterráneas son particularmente vulnerables al proceso de desertificación. En estas zonas puede bastar una disminución de la precipitación durante un período de tiempo suficientemente largo como para iniciar un proceso serio de desertificación. Por otro lado, fenómenos como la concentración de población en las áreas litorales y el vacío demográfico en las zonas menos productivas introducen nuevas fuentes de perturbación a gran escala. La rápida expansión de áreas marginales abandonadas por la agricultura, sensibles al fuego y a los procesos erosivos subsiguientes, junto con la degradación de regadíos por agotamiento de acuíferos y salinización, constituyen un problema añadido hacia la desertificación (Puigdefábregas, 1995).

La extensión de tierras moderadamente desertificadas en la Europa Mediterránea a comienzos de la década de los 80, se presenta en la Tabla 42. El porcentaje de desertificación total de tierras productivas era en esas fechas ligeramente superior al 30%.

Tierras de montaña		Secano		Regadíos		Total de tierras productivas	
Área total (10 <sup>6</sup> ha)	Desertificado (%)	Área total (10 <sup>6</sup> ha)	Desertificado (%)	Área total (10 <sup>6</sup> ha)	Desertificado (%)	Área total (10 <sup>6</sup> ha)	Desertificado (%)
30	30	40	32	6	25	76	31

Tabla 42. Extensión de tierras moderadamente desertificadas en la Europa Mediterránea.  
Fuente: traducida de Correia F.N., 1996

De entre los países mediterráneos europeos, España es el que presenta unas condiciones que le hacen el país más susceptible a sufrir los efectos de la desertificación en sus zonas semiáridas debido a las siguientes razones: morfología montañosa con fuertes pendientes, lluvias intensas con gran capacidad de erosión, condiciones climáticas que varían desde temperaturas subhúmedas a semiáridas, grandes variaciones de la precipitación y temperatura de un año a otro y sistemas sobre-explotados debido al frágil equilibrio entre la disponibilidad y el consumo del recurso (Puigdefábregas, 1995).

El proceso de desertificación puede originar una reducción en la infiltración del suelo, aumentando la escorrentía superficial en avenidas y consecuentemente, aumentando el caudal máximo. Asimismo origina modificaciones en la cubierta vegetal, que a consecuencia de una mayor tala de árboles resulta sustituida por vegetación más pobre. El suelo, al estar desprotegido, se erosiona con mayor facilidad y rapidez, ayudado por el aumento de la escorrentía superficial, que a la vez origina una mayor erosión. Según Correia (1996) si el suelo cubierto por vegetación es menor del 30%, el proceso de erosión se incrementa

drásticamente. En la Figura 84 se muestra un mapa de la erosión debida al agua en los países mediterráneos, observándose que España y Portugal y en concreto sus zonas más secas, son los países donde esta erosión tiene una mayor incidencia.

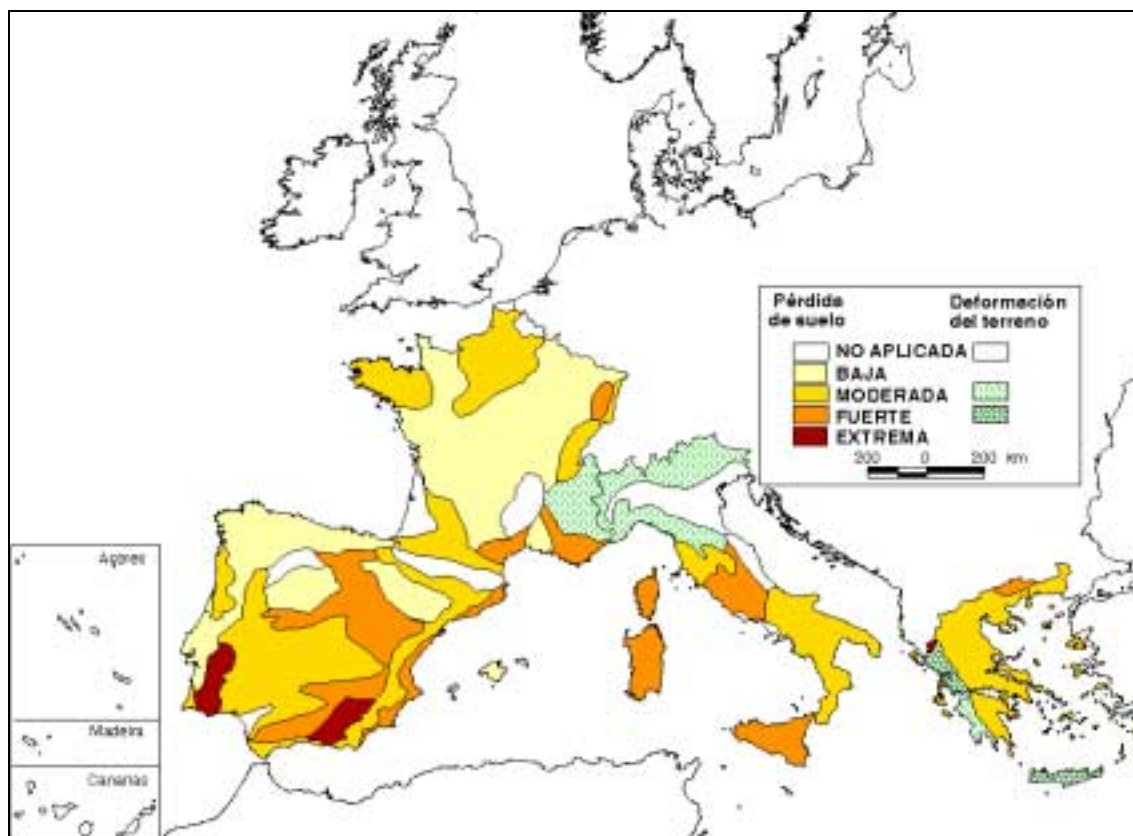


Figura 84. Erosión debida al agua en los países mediterráneos y su incidencia en la pérdida de suelo y en la deformación del terreno. Fuente: EEA, 1995

En España y según los estudios realizados por el ICONA para la elaboración del Plan Nacional de Restauración Hidrológica-Forestal y Control de la Erosión, la erosión hídrica superficial supera los límites admisibles en casi la mitad (el 44 por 100) del territorio (en la Unión Europea en su conjunto dicho porcentaje se sitúa en el 2 por 100) y se manifiesta con una alta intensidad erosiva en casi el 20% del territorio nacional (García et al, 1997).

En Portugal, algunas zonas se ven particularmente afectadas por la erosión del suelo debido a la irregularidad e intensidad de las precipitaciones en el período lluvioso, con lluvias especialmente intensas después de la estación seca, en la que el suelo está seco y desprotegido. Distintos estudios realizados han concluido que las áreas más vulnerables a la erosión son las zonas montañosas del norte, aunque se ha observado un aumento de la erosión en algunas áreas, como en el Alentejo o en el Algarve. Las áreas que presentan un alto riesgo de erosión representan un 68% de la superficie del país, un 24% tienen un riesgo medio y 5% un riesgo bajo.



En la isla italiana de Cerdeña se ha incrementado el proceso de erosión del suelo debido a los incendios, a la tala de árboles, a un exceso del pastoreo y a las pendientes roturadas sin terrazas. Por otra parte se está produciendo una disminución de tierras muy provechosas para la agricultura a favor del incremento de urbanización.

En Grecia aproximadamente el 30% del territorio se ha erosionado severamente, siendo esta erosión más severa en los terrenos en pendiente (Koussis, 1999). Esta erosión del suelo se encuentra muy relacionada con la deforestación. El porcentaje de área cubierta por bosques en la actualidad es del 18% mientras que al comienzo del siglo XIX era de más del 40%. La deforestación se ha producido, principalmente, por las actividades humanas como son los incendios, la ocupación ilegal de las tierras, el pastoreo, etc (Koutsoyiannis y Mimikou, 1996). En cuanto a las áreas en peligro de desertificación en Grecia, éstas se encuentran básicamente en el sur y en el centro de la península, en las Islas del mar Egeo y en Creta.

La medida más extendida para luchar contra la erosión es la recuperación de las masas arbóreas. Esta medida sin embargo encuentra muchas dificultades en climas áridos y semi-áridos, donde el simple abandono de la roturación y la regeneración de matorral pueden ser muy efectivos. No se debe olvidar que la recuperación de una cubierta vegetal degradada requiere recorrer en sentido inverso los mismos pasos que le llevaron a su situación actual (López Martos, 2000).

Conviene mencionar finalmente, por su importancia en los países mediterráneos, que una consecuencia de la erosión hídrica es la reducción en la capacidad de almacenamiento de los embalses, en los que se depositan una mayor cantidad de sedimentos aportados por la cuenca receptora.

#### *5.5.4 La salinización de los suelos*

El suelo es un recurso básico para la agricultura. Aunque las sales de los suelos se depositaron en épocas remotas, con el riego de los cultivos muchos suelos se han hecho más salinos y su calidad se ha visto afectada de forma importante. En climas donde la evapotranspiración es alta, lo que es una característica de los países mediterráneos, el problema empeora por la escasez de agua. La ausencia de percolación provoca un incremento en la concentración de sales en las proximidades de la superficie, que eventualmente puede inutilizar el suelo (EEA, 1996 a).

Los sistemas de riego que usan poca agua favorecen la formación de áreas salinas en el entorno de la zona de riego, provocando en ocasiones el deterioro completo de los suelos (Puigdefábregas, 1995).

La salinización afecta al 25% de las tierras en regadío en la Europa Mediterránea. En el caso de España se extiende a grandes áreas en la costa, principalmente en el sudeste del país (EEA, 1996 a).

#### *5.5.5 La sobreexplotación de los acuíferos*

El concepto de sobreexplotación de un acuífero no es fácil de definir con precisión. Algunas veces se asocia a una explotación que hace disminuir las reservas y otras, más genéricamente, a una explotación excesiva con consecuencias indeseables para los usuarios del acuífero o para terceros. Los tipos de efectos desfavorables que podrían hacer presumir una sobreexplotación son variados: a) hidrológicos, derivados de un descenso continuado de los niveles piezométricos, b) en la calidad del agua, deteriorada por contacto con niveles de peor calidad o por intrusión salina en acuíferos costeros, c) económicos, por aumento del coste de energía de bombeo, al tener que elevar desde mayores profundidades y con menores caudales, d) medioambientales, inducidos en manantiales, ríos, zonas húmedas y ecosistemas asociados, por el descenso de niveles en acuíferos vinculados a dichos espacios y e) morfológicos y geotécnicos, por fenómenos de subsidencia o hundimientos, ocasionados por el descenso de niveles (Custodio, 1986 y MIMAM, 1998).

En la Figura 85 se muestran algunos problemas de sobreexplotación observados en los países mediterráneos, distinguiéndose aquellos casos en los que se ha producido un descenso en los niveles piezométricos debido al exceso de los bombeos y aquellos en los que la sobreexplotación ha producido daños ecológicos.

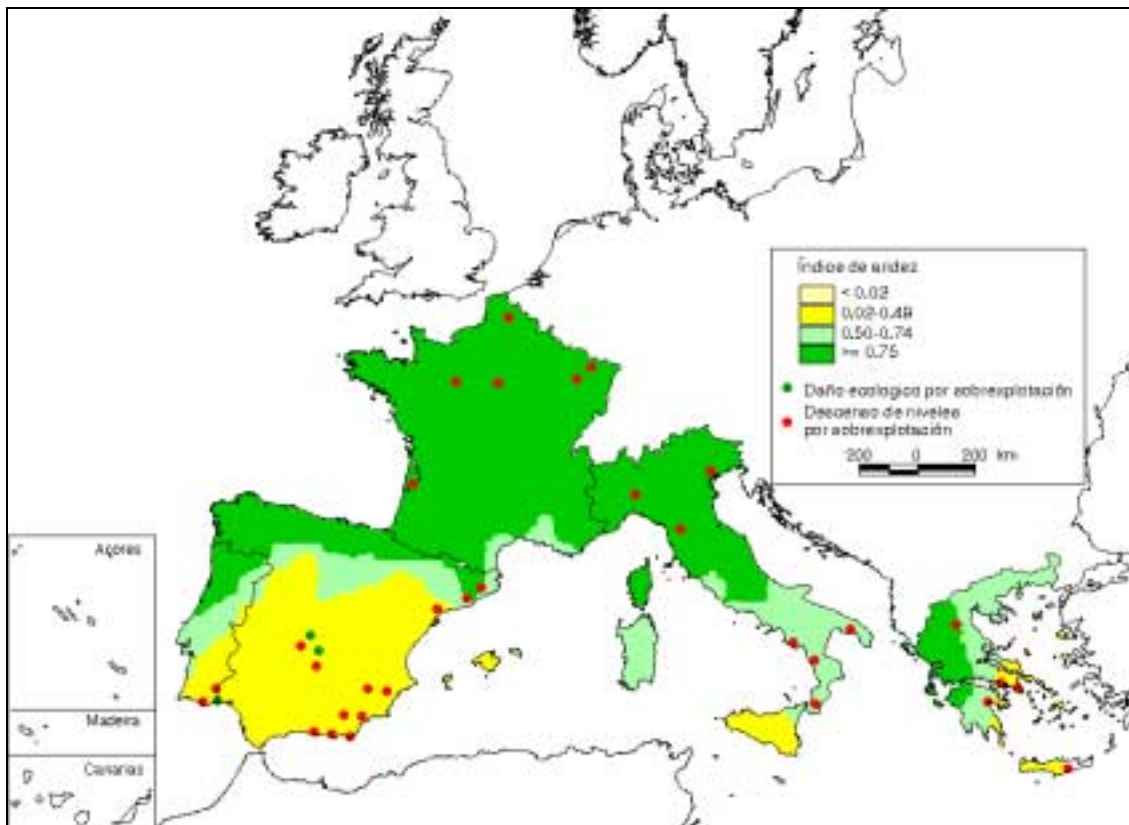


Figura 85. Problemas de sobreexplotación observados en los países mediterráneos de la UE representados sobre el mapa del índice de aridez. Fuente: RIVM-RIZA, 1991

Los mayores problemas de sobreexplotación de los acuíferos en Europa se producen en las regiones más áridas de la Europa Mediterránea. Las áreas costeras y las islas del sur de Europa son particularmente vulnerables a la sobreexplotación de los acuíferos. En la costa mediterránea, los acuíferos suelen ser relativamente pequeños debido a la topografía montañosa. En estas áreas, la irregularidad de los recursos superficiales y el incremento de la demanda para la población, agricultura y turismo ha conducido a una dependencia importante de las aguas de origen subterráneo. Se prevé que la situación en algunos acuíferos costeros mediterráneos con problemas continuará deteriorándose en los años venideros, como es el caso de los localizados en el entorno de Barcelona, Marsella, Atenas y la costa de la Riviera francesa (Margat, 1992). Islas como las Canarias se muestran especialmente vulnerables a este problema.

En España, por ejemplo, se han declarado, provisional o definitivamente sobreexplotadas, dentro de las cuencas intercomunitarias, 15 unidades hidrogeológicas, las cuales se recogen en la Tabla 43.

Ámbito de planificación	Código	Denominación de la unidad	Declaración de sobreexplotación
Compartida Guadiana-Guadalquivir	00.04	Campos de Montiel	Definitiva (12/06/1989)
Compartida Segura-Júcar	00.16	Jumilla-Villena	Provisional
Compartida Segura-Júcar	00.19	Sierra de Crevillente	Provisional
Guadiana	04.04	Mancha Occidental	Definitiva (15/12/1994)
Guadiana	04.12	Ayamonte-Huelva	Provisional
Guadalquivir	05.19	Mancha Real-	Provisional
Guadalquivir	05.41	Chotos-Cortijo	Provisional
Guadalquivir	05.47	Sevilla-Carmona	Provisional
Guadalquivir	05.50	Aljarafe	Provisional
Guadalquivir	05.57	Rota-Sanlúcar-	Provisional
Sur	06.14	Campo de Dalias	Provisional
Segura	07.09	Ascoy-Sopalmo	Provisional
Segura	07.28	Alto Guadalentín	Provisional
Segura	07.30	Bajo Guadalentín	Provisional
Segura		Cresta del Gallo	Provisional

Tabla 43. Unidades hidrogeológicas con declaración provisional o definitiva de sobreexplotación en España (MIMAM, 1998)

La extracción de las aguas subterráneas puede provocar en ocasiones problemas de subsidencia o colapso del terreno. Aunque estos problemas suelen ser escasos en los países mediterráneos, en España, en los alrededores de los Ojos del Guadiana, se han producido fenómenos de subsidencia general y de colapsos generalizados, consecuencia de la combustión espontánea de las turberas que se formaron en esta antigua zona de descarga del acuífero de la Mancha Occidental, que ahora se encuentra seca debido a los descensos de niveles piezométricos que se han producido en los últimos años (Llamas y otros, 2000).

En Portugal no existen graves problemas de sobreexplotación. Los problemas más serios se producen en el litoral del Algarve en un área de unos 130 km<sup>2</sup> de extensión y también en algunas pequeñas zonas en los acuíferos de Cova de Piedade y Praias do Sado (EEA, 1999).

En Francia se conocen distintos casos de sobreexplotación. El acuífero de Beauce, entre Paris y Orleans, es uno de los acuíferos sobreexplotados más antiguos (Barraqué, 2000). En los alrededores de París el nivel freático ha descendido del orden de 100 m desde 1840. Otros ejemplos son los acuíferos del distrito de Roubaix, donde el descenso ha sido de 40 m desde 1910, o los acuíferos de la Aquitania (cerca de Bordeaux), donde el descenso ha alcanzado los 30 m (RIVM-RIZA, 1991).

En Italia se han producido problemas de sobreexplotación en el área de Prato Fan y cerca de Florencia en el valle del Arno. En la región del Apulia y el Po, entre Turín y Bolonia, también se ha observado un descenso considerable de los niveles freáticos (RIVM-RIZA, 1991). En la isla de Cerdeña se han constatado

problemas de sobreexplotación en los acuíferos de Muravera y en el del río Su Cannoni—Protovesme (EEA, 1996a).

En Grecia el bombeo realizado durante los años 80 en las cuencas de Megara, Elfesis y Marathon en el este de Atica produjo una importante disminución de los niveles freáticos (aproximadamente 1,5 m/año), alcanzándose relaciones bombeo/recarga ligeramente superiores a 1. En las cuencas orientales de Macedonia (Drama y Serres), la extracción anual fue del orden de 1,5 veces la recarga, mientras que en la cuenca Ptolemais de la Macedonia Occidental la sobreexplotación produjo una caída de niveles piezométricos de 0,8 m/año (UN, 1990).

#### *5.5.6 Impactos en los humedales por sobreexplotación de los recursos subterráneos*

Los humedales y los ecosistemas húmedos de origen fundamentalmente subterráneo pueden verse afectados al descender los niveles piezométricos en los acuíferos con los cuales están conectados. Este descenso produce una disminución de los flujos subterráneos hacia esos ecosistemas, llegándose en ocasiones al secado parcial o total de los mismos. En esas condiciones, su flora y fauna acuática se ve seriamente amenazada e incluso puede llegar a desaparecer, siendo este problema mayor en el sur de Europa, donde los recursos son naturalmente más escasos.

La disminución de los flujos subterráneos provoca cambios que cuando afectan a grandes humedales pueden causar serios impactos negativos en los pájaros migratorios, que tendrán que utilizar áreas de menor extensión a lo largo de sus rutas migratorias. Por otra parte, existe una mayor presión en humedales costeros debidos al turismo, a los usos recreativos y a la urbanización (EEA, 1998).

Un ejemplo de humedales afectados por la sobreexplotación de los acuíferos son los de la Mancha húmeda en España. Desde hace más de dos décadas el acuífero de la Mancha Occidental (5.500 km<sup>2</sup>) está siendo explotado intensamente para el riego. Las extracciones del acuífero, realizadas por propietarios privados, han servido para la puesta en riego de más de 100.000 ha. Las extracciones alcanzaron a finales de los años 80 su valor máximo (600 hm<sup>3</sup>/año), que superaba ampliamente los recursos renovables (entre 200 y 500 hm<sup>3</sup>/año dependiendo de los años). Dos importantes consecuencias tuvieron lugar, una positiva, el desarrollo económico de la región y otra negativa, la sobreexplotación del acuífero.

El descenso de los niveles de agua en el acuífero produjo impactos ecológicos muy serios en algunos humedales de la Mancha húmeda.

La administración española declaró el acuífero en 1987 provisionalmente sobreexplotado y en 1995 se produjo finalmente la declaración definitiva. Junto con esta declaración, se diseñó un programa de ordenación de las extracciones. En 1993 y para un periodo de 5 años se estableció un procedimiento (*Plan de Compensación de Rentas*) para compensar a los agricultores por reducir sus extracciones. El 75% de las subvenciones del programa llegaron de la Unión Europea. Todas estas medidas tuvieron el efecto de reducir las extracciones del acuífero a cifras del orden de los recursos renovables, aunque produjeron un impacto económico sobre la región al perderse trabajos en la agricultura y en las pequeñas industrias.

### 5.5.7 La incertidumbre del cambio climático y su impacto en los recursos

En los últimos años se ha producido una gran preocupación en la sociedad acerca de un posible cambio climático inducido por el aumento del contenido del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y de otros gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera.

Los registros climáticos disponibles indican una tendencia hacia un calentamiento global durante el último siglo. Las temperaturas medias del hemisferio norte, del hemisferio sur y global de la superficie de la Tierra han aumentado entre 0,3 y 0,6 °C, aproximadamente, desde finales del siglo pasado hasta la actualidad (Figura 86). En los países del mediterráneo occidental este incremento ha sido incluso mayor, entre 1 y 2 °C durante el siglo XX (Figura 87).

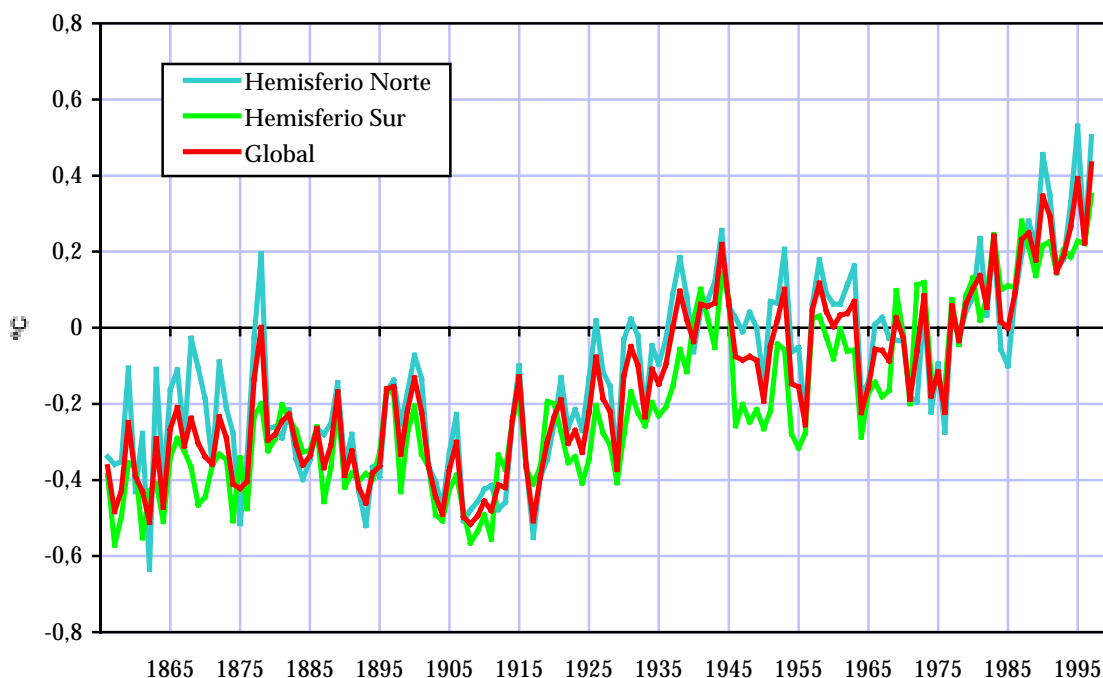


Figura 86. Evolución desde 1855 de la variación de la temperatura media global de la Tierra respecto a la media de la serie (°C) (tomada de MIMAM, 1998)

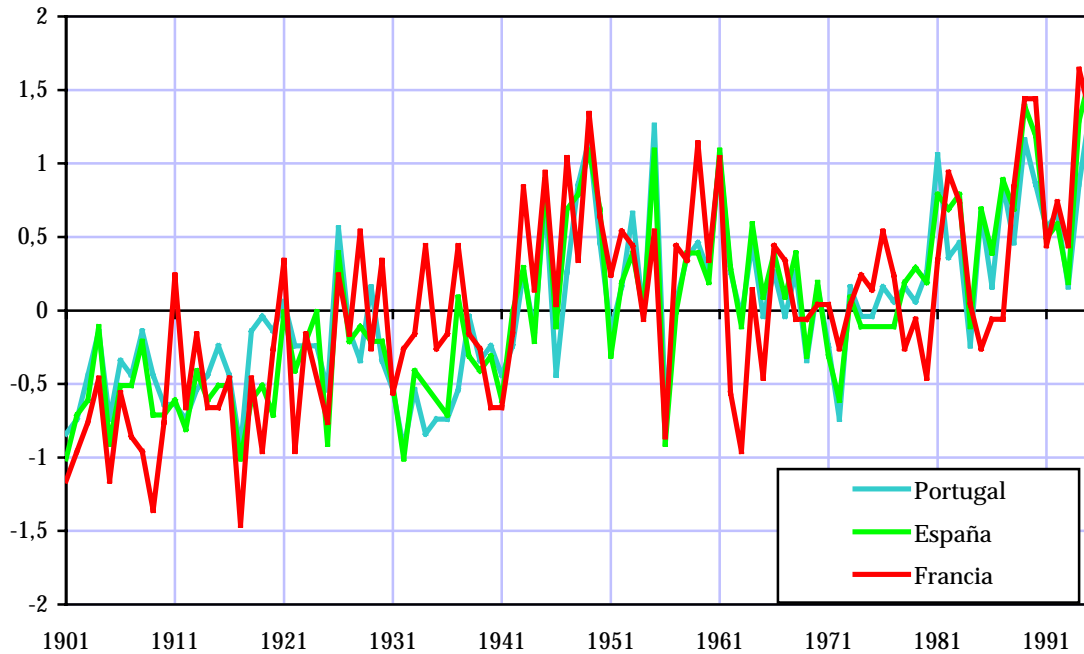


Figura 87. Evolución desde 1901 de la variación de la temperatura media global varios países mediterráneos respecto a la media de la serie (°C) (elaborada a partir de datos de CRU, 1998)

En los países mediterráneos, globalmente y al igual que para toda la Tierra, se registró un calentamiento desde finales del siglo pasado hasta alrededor de 1940, a continuación un enfriamiento hasta aproximadamente 1970 y de nuevo un proceso de calentamiento.

En cuanto a las precipitaciones, a lo largo del último siglo se ha observado un aumento generalizado en los países europeos septentrionales. En cambio, en la Europa meridional, las precipitaciones están disminuyendo o se mantienen estables (ECSN, 1995).

Aunque existe bastante incertidumbre sobre si estas tendencias observadas son producto de una variación natural del clima, similar a las existentes en el pasado, o si debiera atribuirse, en su mayor parte, al aumento de GEI atmosféricos durante los últimos 200 años, la mayoría de estudios llevados a cabo reflejan que el origen de la tendencia que muestra el calentamiento observado es poco probable que sea completamente natural (MIMAM, 1998).

Las herramientas utilizadas para investigar todos estos efectos son los Modelos de Circulación General Océano - Atmósfera. En la mayoría de estos modelos existe un cierto acuerdo sobre las tendencias de algunas variables climáticas, como la temperatura y la precipitación, aunque con una mayor incertidumbre en el caso de esta última.

Una modificación de la temperatura o de la precipitación repercutiría sobre los recursos hídricos de un territorio, pues, a largo plazo, su escorrentía es igual a

la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración. Según los informes de evaluación científica realizados por el Panel Intergubernamental de Expertos para el cambio climático (IPCC), un incremento de temperatura de uno a dos grados centígrados, unido a una disminución del 10% en las precipitaciones, podría producir en zonas semiáridas una reducción del 40% al 70% en la escorrentía anual (IPCC, 1992).

Si, de acuerdo con los escenarios climáticos contemplados para la Europa mediterránea, las precipitaciones medias anuales disminuyen ligeramente y las temperaturas aumentan, se producirá en el futuro una disminución de la escorrentía. Por otra parte, las tendencias que se apuntan para estas regiones son de una mayor irregularidad temporal de las precipitaciones, lo que repercutiría negativamente en el régimen de las crecidas y en la regulación de los ríos.

En España, los escenarios climáticos previstos por la Comisión Nacional del Clima (CNC) suponen una ligera disminución de las precipitaciones medias anuales y un aumento de las temperaturas, lo que daría lugar a una disminución de la escorrentía total. Los territorios del Sudeste peninsular, la cuenca del Guadiana, el valle del Ebro y los territorios insulares serían las áreas donde el impacto de un previsible cambio climático sobre los recursos se manifestaría más severamente (Figura 88), precisamente aquellas donde ya se presentan los mayores problemas hídricos. Un aumento de 1 °C en la temperatura y una disminución del 5% en la precipitación supondrían un descenso en las aportaciones de estas áreas del orden del 20%, valor que se incrementaría notablemente en un escenario más extremo de disminución de un 15% en la precipitación y aumento de 4 °C en la temperatura (CEDEX, 1997 y MIMAM, 1998).



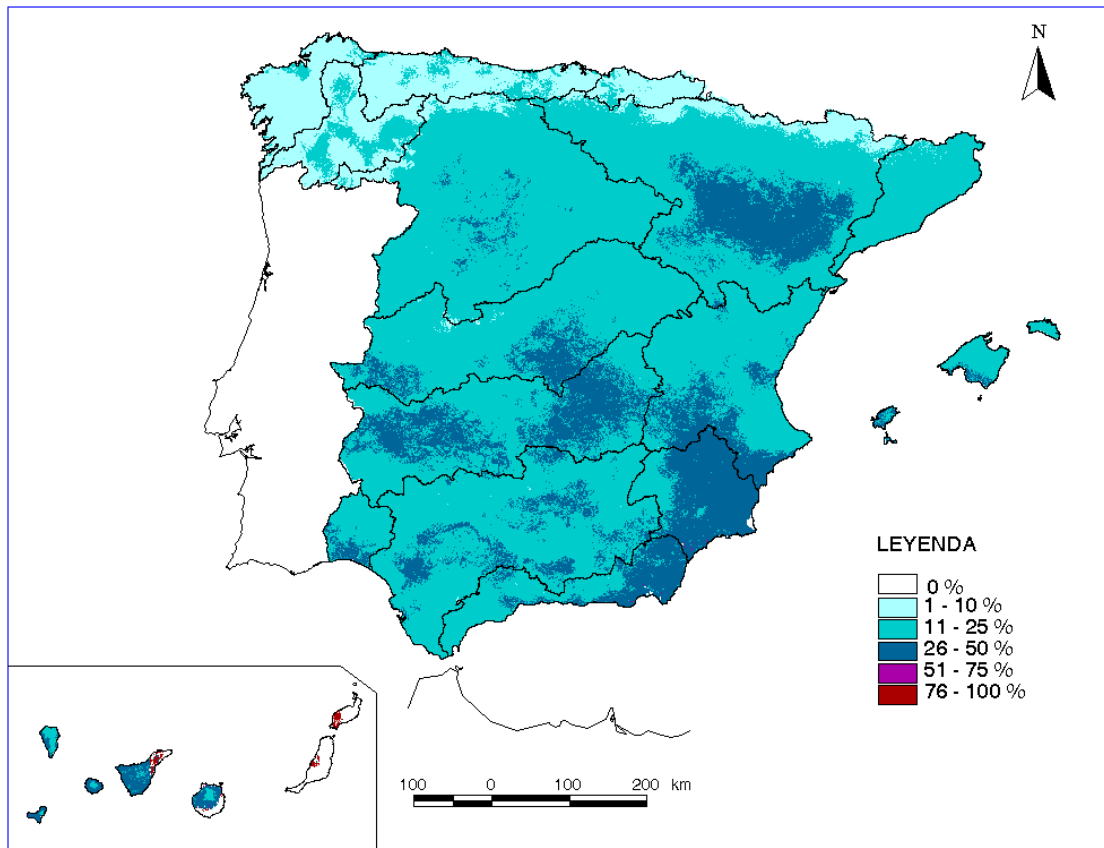


Figura 88. Disminución porcentual de la escorrentía para una disminución de 1°C de la temperatura y un 5% de la precipitación en España (tomada de MIMAM, 1998)

En Portugal, según la Primera Evaluación del Clima Europeo (First European Climate Assessment) y con la ayuda del modelo ESCAPE, se ha simulado el impacto de un escenario de disminución de un 10 a un 15 % de la precipitación media en verano y un aumento de la temperatura media anual en los territorios al Sur del río Tajo. Bajo este escenario se producirían las siguientes disminuciones en los caudales medios anuales de los ríos entre los años 1990 y 2050. Un 0 a 5 % en el Miño, un 5 al 10 % en el Centro, un 10 al 20 % al Sur del Tajo y entre un 20 y un 100 % en el Guadiana y el Algarve (EEA, 1996 a). Al igual que en el caso de España, las mayores disminuciones en los recursos y consiguientemente los mayores impactos negativos se producirían en las regiones más áridas que ya sufren problemas de escasez de agua (EEA, 1997).

## 6 LA CALIDAD DE LAS AGUAS

### 6.1 Calidad de las aguas y fuentes de contaminación

#### 6.1.1 La calidad natural y el concepto de contaminación

La calidad de las aguas es una variable fundamental del estado del medio hídrico, tanto desde el punto de vista de su caracterización ambiental, como desde la perspectiva de la planificación y gestión hidrológica, ya que delimita la

aptitud del agua para mantener los ecosistemas y atender las diferentes demandas.

La calidad natural o intrínseca de las aguas es la que éstas tendrían en un medio natural sin intervención humana. Esta calidad natural las capacitaría, en general, para ser utilizadas en el regadío y en el abastecimiento a poblaciones, aunque en algunos casos la salinidad natural podría provocar algunos problemas de calidad.

La calidad de las aguas se puede ver degradada por factores externos ajenos al ciclo hidrológico, en cuyo caso se habla de contaminación.

La contaminación de las aguas como consecuencia de los vertidos derivados de actividades humanas supone un grave riesgo para la salud y para el bienestar de las personas, así como un severo problema ambiental (Ruiz, 1998). La prevención, control y resolución de los problemas derivados de la contaminación de las aguas constituye unos de los objetivos que deben plantearse en cualquier política avanzada de gestión de recursos hídricos (MIMAM, 1998).

En la legislación europea, el concepto de contaminación ha ido siempre asociado a una alteración del medio acuático (Directiva 76/464/CEE relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático) o, más recientemente, del medio ambiente (Directiva 96/61/CEE relativa a la prevención y control integrados de la contaminación, y la propuesta de Directiva Marco COM(2000) 219 final) y con efectos perjudiciales para la salud humana y los ecosistemas. La Tabla 44 muestra las definiciones dadas por las anteriores directivas.

Directiva	Definición
76/464/CEE	<i>vertido de sustancias o de energía efectuado por el hombre en el medio acuático, directa o indirectamente, que tenga consecuencias que puedan poner en peligro la salud humana, perjudicar los recursos vivos y el sistema ecológico acuático, causar daños a los lugares de recreo u ocasionar molestias para otras utilidades legítimas de las aguas</i>
96/61/CEE COM(2000) 219 final	<i>la introducción directa o indirecta, mediante la actividad humana, de sustancias, vibraciones, calor o ruido en la atmósfera, el agua o el suelo, que puedan tener efectos perjudiciales para la salud humana o la calidad del medio ambiente, o que puedan causar daños a los bienes materiales o deteriorar o perjudicar el disfrute u otras utilidades legítimas del medio ambiente</i>

Tabla 44. Definiciones del concepto de contaminación en la legislación europea.

En las guías para la elaboración de los planes de cuenca en Portugal, el concepto de contaminación queda definido de acuerdo con la propuesta de la Directiva Marco del Agua (INAG, 1998). De manera análoga, la ley española 29/85 de aguas define la contaminación en términos similares a los de la Directiva 76/464/CEE.

### *6.1.2 Principales fuentes contaminantes por sectores. Fuentes puntuales y difusas*

La calidad natural de las aguas, tanto las superficiales como las subterráneas, resulta alterada debido a las emisiones de muy distintas sustancias, entre las que destacan: materia orgánica, nutrientes, metales pesados, plaguicidas, etc. Gran cantidad de estas sustancias se incorporan al agua por la acción del hombre, principalmente a través de los vertidos municipales e industriales, de las actividades agrícolas y ganaderas, etc.

La tipología de sustancias contaminantes ofrece un amplio rango que abarca desde iones inorgánicos simples a sustancias sintéticas orgánicas de composición compleja. El conocimiento de las características del contaminante, la identificación y evaluación de las fuentes de contaminación y el análisis de los procesos que condicionan la evolución del contaminante en el acuífero son aspectos básicos en la planificación de estrategias de control que permitan atenuar o evitar el deterioro de la calidad de las aguas.

Las fuentes de contaminación, en donde se inicia el proceso contaminante, suelen agruparse en dos clases, según su origen y distribución espacial: puntuales y no puntuales o difusas. En el primer caso, su identificación no presenta mayores dificultades y ocupan una extensión en general restringida, lo que facilita la aplicación de medidas de control. Por el contrario, la contaminación procedente de fuentes no puntuales o difusas se caracteriza, por una parte, por el elevado número de puntos de entrada en el terreno y, por otra, por la dificultad de localización precisa de las zonas donde se produce dicha entrada. Las medidas de control presentan mayores dificultades.

Entre los principales problemas de contaminación puntual procedentes de los vertidos municipales e industriales se encuentran la contaminación por materia orgánica y nutrientes, siendo el fósforo especialmente crítico en este último caso. Por otra parte, muchas sustancias químicas, tales como los metales pesados y los compuestos orgánicos halogenados, que son muy poco solubles en agua, deterioran notablemente su calidad incluso en pequeñas concentraciones, sobre todo si además existe un exceso de materia orgánica o de nutrientes.

Los efluentes industriales suelen verterse de forma directa a las aguas superficiales, habiendo pasado en muchos casos por un proceso previo de depuración en plantas propiedad de las industrias. Otra parte de los efluentes industriales son los que proceden de la red de alcantarillado municipal, a la que muchas industrias están conectadas y cuyos efluentes se depuran en las plantas de tratamiento de las aguas residuales urbanas (EEA, 1999a).

La Directiva 91/61 relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación identifica la lista de instalaciones industriales que más preocupan por su posible contribución a la contaminación. En la Tabla 45 se

muestran algunas de dichas instalaciones y la contaminación a que pueden dar lugar.

Tipo de Instalación	Algunos tipos de contaminación
Instalaciones químicas para la fabricación de productos químicos orgánicos	Hidrocarburos, tensioactivos.
Instalaciones químicas para la fabricación de productos químicos inorgánicos	Amoníaco, cloruros, óxidos metálicos, bases y ácidos
Instalaciones químicas para la fabricación de fertilizantes a partir de fósforo, de nitrógeno o de potasio.	Compuestos de fósforo, nitrógeno y potasio.
Instalaciones destinadas al tratamiento o tinte de productos textiles	Metales, como el CU, Cr, Ni, Zn. Compuestos orgánicos.
Instalaciones destinadas a la fabricación de papel	Halógenos orgánicos, metales.

Tabla 45. Selección de ciertos tipos de instalaciones industriales e identificación de algunos contaminantes que pueden verter al medio acuático.

Las concentraciones de la población y la industrialización han producido, de forma lenta pero creciente, la contaminación de los suelos y acuíferos sobre los que se asientan las ciudades y las áreas industriales, así como también de los principales corredores de comunicación entre las aglomeraciones urbanas. En la Tabla 46 se muestran las principales fuentes de contaminación puntual urbanas e industriales de las aguas subterráneas.

Fuente	Contaminantes inorgánicos	Contaminantes orgánicos
Áreas urbanas	Metales pesados (Pb, Zn)	Productos derivados del petróleo, compuestos orgánicos biodegradables
Zonas industriales	Metales pesados	PAH <sup>22</sup> s, hidrocarburos, productos del petróleo
Vertederos	Sales (CL <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) y metales pesados	Orgánicos biodegradables y Xenobióticos.
Minería	Metales pesados, sales y arsénico	Xenobióticos
Lugares de residuos peligrosos	Metales pesados (concentrados)	Xenobioticos concentrados
Filtración de tanques de almacenamiento	-	Productos del petróleo
Fuentes de contaminación lineales (vías de comunicación, sistemas de alcantarillado, etc)	Metales pesados (Pb), sales	Productos del petróleo, plaguicidas

Tabla 46. Fuentes puntuales urbanas e industriales y contaminación esperada de las aguas subterráneas. Fuente: traducida de RIVM-RIZA, 1991

Un indicador de la localización y magnitud de las fuentes de contaminación urbana e industrial y consecuentemente de las necesidades de depuración, puede obtenerse como suma de los retornos de los usos urbano e industrial (Figura 89).

<sup>22</sup> Hidrocarburos aromáticos policíclicos

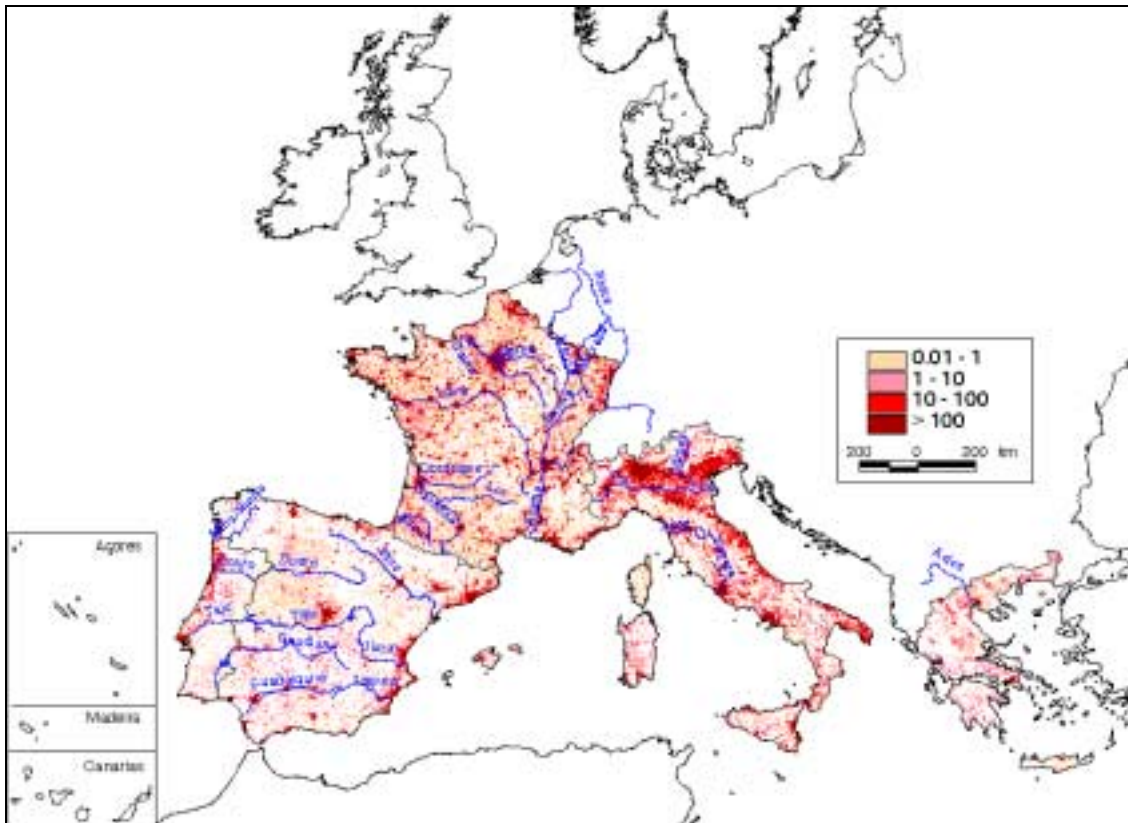


Figura 89. Distribución territorial de los retornos (en mm/año) de los usos urbano e industrial en los países mediterráneos (resolución celda 5 km x 5 km). Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de la Figura 68 y la Figura 71

En cuanto a la contaminación difusa de las aguas superficiales y subterráneas, ésta tiende a adquirir cada vez mayor importancia, ya que cuanto mayor sea el grado de depuración y de limitación de los vertidos puntuales, mayor protagonismo adquirirán los vertidos de carácter difuso.

Las principales fuentes de contaminación difusa están relacionadas con toda una serie de actividades, fundamentalmente agrícolas y ganaderas, que se desarrollan sobre grandes extensiones del territorio y que provocan la contaminación de estas aguas por medio de la escorrentía que fluye por su superficie y que arrastra y disuelve las sustancias que han sido depositadas sobre el suelo.

Las sustancias más comunes que se encuentran en las aguas en relación con esta contaminación difusa pertenecen al grupo de los fertilizantes y de los plaguicidas empleados en la agricultura, al de la materia orgánica y las sustancias tóxicas ligadas a las actividades ganaderas y a los vertederos urbanos o a determinadas actividades industriales.

La utilización excesiva de los fertilizantes provoca la contaminación de las aguas por nitratos. En la Tabla 47 se muestra el uso de fertilizantes de nitratos en kg/ha en las áreas agrícolas de distintos países europeos en el año 1994,

observándose que existen grandes variaciones, desde los 180 kg/ha en los Países Bajos hasta valores comprendidos entre los 30 y 80 kg/ha en los países mediterráneos de la UE. Entre éstos países, Francia e Italia son los que presentan las mayores tasas.

País	Fertilizante de nitratos (kg/ha)
Países Bajos	180 <sup>23</sup>
Francia	76
Italia	56
Grecia	38
España	36
Portugal	34

Tabla 47. Uso de fertilizantes de nitratos en kg/ha en las áreas agrícolas de los países mediterráneos en el año 1994. Fuente: EEA, 1999

La utilización de fertilizantes de fósforo en la Europa nórdica y occidental es del orden de 20 a 50 kg P/ha de terreno agrícola, mientras que en el Sur de Europa se encuentra entre 10 y 30 kg/ha.

La evolución temporal del uso de los fertilizantes en los países mediterráneos muestra una tendencia similar: crecimiento en el periodo comprendido entre principio de los años 70 y mediados de los 80 y una estabilización (Francia, Italia y Portugal) e incluso decrecimiento (Grecia) desde entonces (EEA, 1999a). Esta es también la tónica prevista para los próximos años según la FAO (1996).

La FAO define a los *plaguicidas como cualquier sustancia o mezcla de ellas estudiada para prevenir o controlar cualquier especie de plantas o animales indeseables, incluyendo también cualquier otra sustancia o mezcla de ellas destinadas a utilizarse como regulador de crecimiento de las plantas, o defoliantes o desecantes*. La mayoría de los plaguicidas actúan interfiriendo los procesos bioquímicos y fisiológicos de las especies que forman la plaga. Al ser estos procesos comunes a un amplio rango de organismos, los plaguicidas son también potencialmente dañinos para otros organismos que no son el objeto de su aplicación y pueden ser contaminantes muy serios incluso en concentraciones bajas.

Los plaguicidas son considerados, en la mayor parte de los casos, sustancias tóxicas y peligrosas. Entre estos compuestos cabe mencionar el aldrín, DDT, atrazina, dieldrin, lindano, heptacloro, etc.

La aplicación de plaguicidas por hectárea de terreno agrícola varía ampliamente en los países europeos. Entre 1985 y 1991, su uso era más bajo en los países nórdicos, intermedio en la Europa oriental y más alto en la Europa del Sur y occidental.

En los países de la Europa del Norte y Central, los herbicidas son el tipo predominante de plaguicida, mientras que en los del Sur y el Occidente, son los

<sup>23</sup> dato del año 1991

fungicidas. En la Tabla 48 se muestran las ventas de los distintos tipos de plaguicidas para uso agrícola en los países estudiados, observándose que en todos ellos las ventas de fungicidas superan a las de herbicidas. Las ventas totales de kg de ingrediente activo de pesticida por ha en Portugal, Francia e Italia superan ampliamente la media europea, mientras que en España son las menores de todos los países estudiados.

País	Fungicidas	Herbicidas	Insecticidas	Otros plaguicidas	Total
Portugal	2,5	0,41	0,19	0,10	3,19
España	0,34	0,29	0,32	0,15	1,10
Francia	1,62	1,20	0,18	0,09	3,10
Italia	1,51	0,59	0,54	0,25	2,89
Grecia	0,63	0,53	0,47	0,28	1,91
EU	0,89	0,84	0,26	0,17	2,16

Tabla 48. Ventas totales de plaguicidas en 1996 (en kg de ingredientes activos por ha de área agrícola) en los distintos países. Fuente: EUROSTAT, 1999

## 6.2 La contaminación de las aguas superficiales

### 6.2.1 La contaminación por materia orgánica en los ríos

Las principales fuentes de contaminación por materia orgánica (MO) son los efluentes procedentes de las aguas residuales domésticas, los efluentes de industrias como las del papel o la de alimentación, o los efluentes del ensilado en la agricultura (EEA, 1999b).

El proceso de descomposición de la MO se realiza, fundamentalmente, mediante la acción de microorganismos, ya sea sobre la superficie de los sedimentos o la vegetación, ya sea a lo largo de la columna de agua. Tal proceso requiere consumo de oxígeno, por lo que una excesiva contaminación orgánica puede originar la rápida desoxigenación del río y por tanto, la desaparición de la vida acuática a excepción de unas pocas especies resistentes a las bajas concentraciones de oxígeno. Inmediatamente aguas abajo de un efluente de este tipo, la descomposición de MO, además de producir un fuerte descenso del oxígeno disuelto en el agua, provoca una emisión de amonio, que no siendo tóxico, se convierte en amoniaco dependiendo del pH y la temperatura del agua, sustancia que resulta venenosa para los peces. En tramos más alejados del vertido la concentración de MO disminuye, las bacterias oxidan el amonio a nitrato y el agua se oxigena a través de la superficie, recuperándose el contenido de oxígeno. A este proceso de recuperación se le denomina *capacidad de autodepuración de los ríos* (EEA, 1995). Esta capacidad autodepuradora es importante para mantener el equilibrio natural de su ecosistema, aunque en muchas ocasiones la contaminación es tan importante que la autodepuración del río no es suficiente, quedando virtualmente muerto.



Debido a que la descomposición de la MO requiere oxígeno, la cantidad de MO en un tramo de río se puede determinar por la demanda bioquímica de oxígeno (generalmente a los cinco días, DBO<sub>5</sub>) o la demanda química de oxígeno (DQO). Valores de la DBO<sub>5</sub> por encima de 10 mg O<sub>2</sub>/l son característicos de aguas muy contaminadas, mientras que por debajo de 3 mg O<sub>2</sub>/l la contaminación puede considerarse débil. También suele utilizarse como indicador de la contaminación orgánica de un río la concentración de oxígeno disuelto en él.

El crecimiento del sector industrial, junto con el aumento de la población conectada a la red de alcantarillado dio lugar a un aumento de las emisiones de MO en la mayor parte de los países europeos a partir de los años 40. Sin embargo, durante las tres últimas décadas el crecimiento del número de plantas de depuración con tratamiento biológico ha dado lugar, tal como se muestra en la Figura 90, a que el nivel de MO haya descendido en muchos ríos europeos, incluidos los ríos de los países mediterráneos (EEA, 1999b).

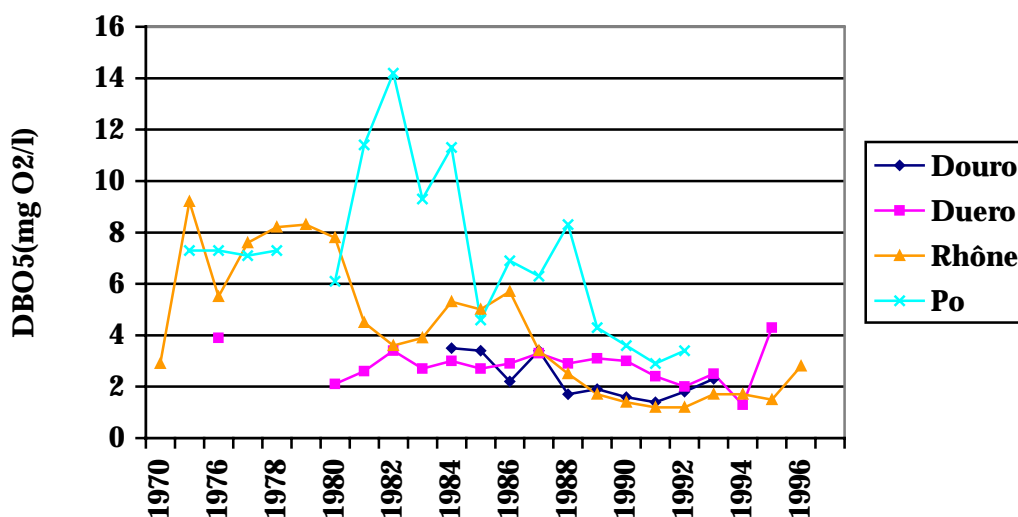


Figura 90. Evolución temporal de la DBO<sub>5</sub> en algunos ríos de los países mediterráneos. Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998.

La Figura 91 muestra la concentración media anual de DBO<sub>5</sub> en puntos de muestreo de ríos europeos mediterráneos y la Figura 92 la concentración media anual de oxígeno disuelto en los distintos países, obtenida a partir de las medidas efectuadas en grandes ríos.

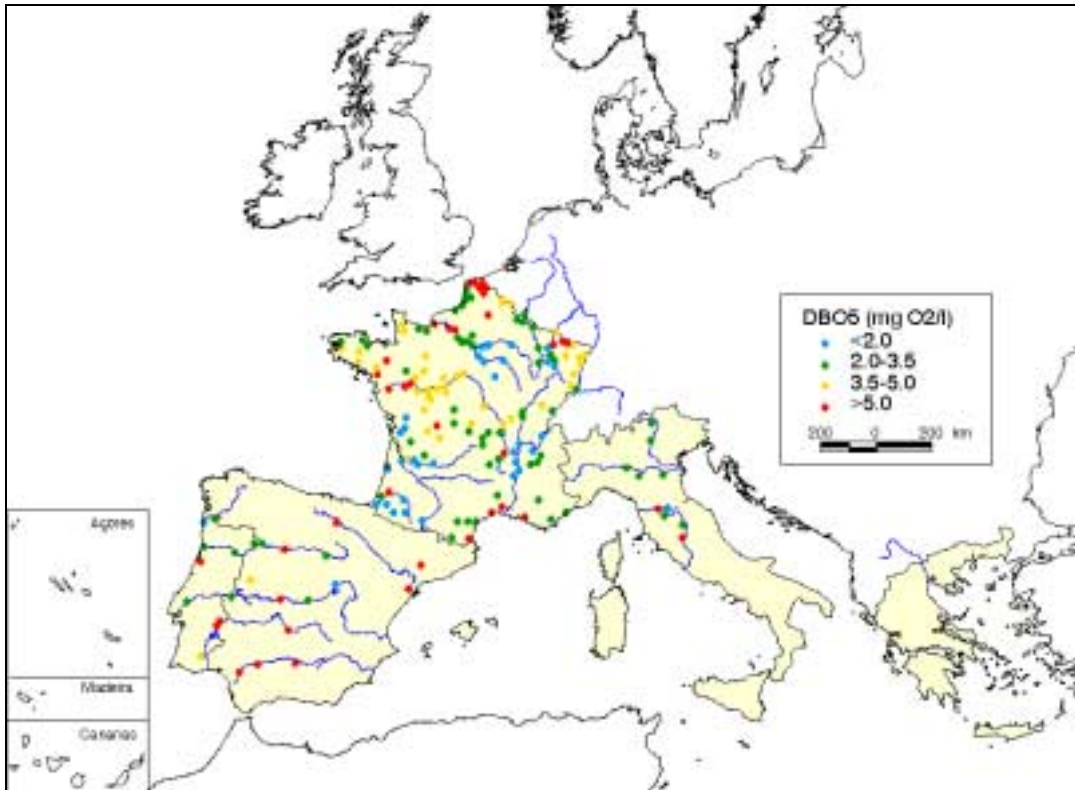


Figura 91. Concentración media anual de  $\text{DBO}_5$  ( $\text{mg O}_2/\text{l}$ ) en los ríos de los países mediterráneos. Fuente: EEA, 1998.

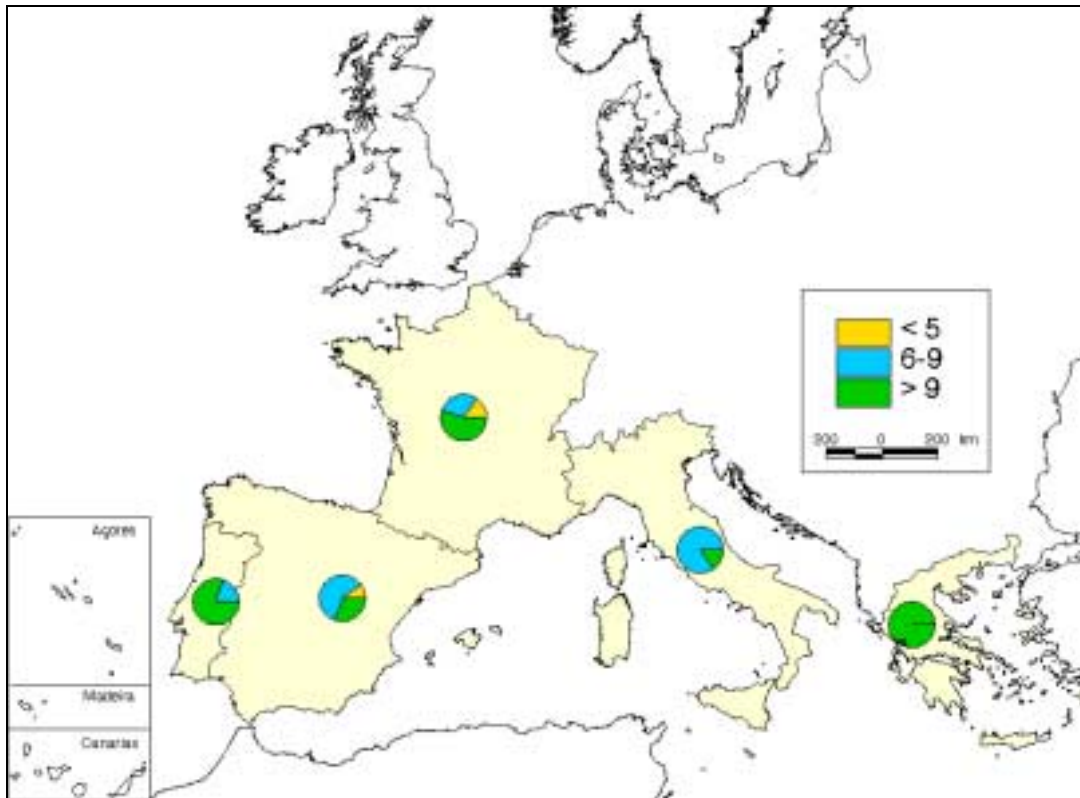


Figura 92. Concentración media anual de oxígeno disuelto ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ ) en algunos ríos de los países mediterráneos en el período 1970-96. Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998.

Nota: Los ríos de los que se tienen datos en cada país son: Portugal: Tejo, Minho, Douro, Guadiana en Rocha de Galé. España: Guadalquivir, Duero, Tajo, Ebro, Guadiana en Badajoz. Francia: Loire, Seine, Garonne, Rhône, Rin. Italia: Po, Adige, Tevere Grecia: Strimonas, Pinios, Aliakmonas.

En cuanto a la situación concreta en los distintos países, en España la situación global de la DBO<sub>5</sub> es aceptable, produciéndose los mayores problemas de contaminación en los ríos Guadalquivir y Ebro. Aunque de Grecia no se dispone de datos de DBO<sub>5</sub>, debe destacarse el buen nivel de oxígeno disuelto de sus ríos, encontrándose prácticamente todos sus ríos por encima de 9 mg/L.

### *6.2.2 La contaminación por nutrientes de las masas de agua*

El nitrógeno y el fósforo se consideran los nutrientes más importantes, cuyas concentraciones en agua se incrementan notablemente debido a las actividades humanas. Unos niveles altos de nutrientes en el agua estimulan el crecimiento de fitoplacton y otros organismos acuáticos, originando el proceso de eutrofización del agua, con una acelerada desoxigenación. La eutrofización es un proceso que tiende a producirse con mayor intensidad en lagos y embalses, áreas costeras y grandes ríos que circulan a bajas velocidades. Aunque el fósforo es el nutriente que más limita el crecimiento de plantas en ríos y lagos, un aumento de la concentración de nitrógeno también puede originar un gran aumento de la producción biológica, especialmente en áreas costeras (EEA, 1995). Los silicatos, carbonatos y el calcio son también nutrientes, aunque estos compuestos no suelen proceder en un modo significativo de actividades humanas (ETC-IW, 1998).

#### Los compuestos de nitrógeno y su concentración en los ríos mediterráneos.

El nitrógeno inorgánico disuelto, en particular los nitratos y el amonio, constituyen la mayor parte del nitrógeno total en el agua. Se encuentran en la proporción de un 78% de nitratos y un 4% de amonio del total del nitrógeno inorgánico (EEA, 1995).

La principal fuente de nitratos en el agua es la contaminación difusa procedente de la agricultura, dependiendo ésta en gran medida de la precipitación. Por esta razón, la concentración de nitratos puede variar mucho de año en año sin que esto signifique una variación de las actividades humanas (EEA, 1998).

El impacto que la excesiva utilización de fertilizantes nitrogenados tiene sobre el medio acuático debe ser reducido mediante un control del uso de estos productos, así como de la composición de los mismos. La Directiva 76/116/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre abonos, y que posteriormente se ha modificado en actos

sucesivos, limita el contenido<sup>24</sup> en nitrógeno de distintos productos obtenidos químicamente para la elaboración de abonos nitrogenados.

La concentración de 1 mg/L de nitratos se suele tomar como máximo valor de referencia en ríos con cuencas no contaminadas y en las que no existe, por tanto, el impacto del hombre (Meybeck,1986). Este valor resulta ampliamente superado en las cuencas en las que existe un mayor grado de actividad humana. La legislación europea limita la máxima concentración admisible de nitrógeno en el agua atendiendo a los distintos usos. Según la Directiva 98/83 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, la concentración máxima admisible de nitratos en el agua es de 50 mg/L.

La concentración de nitratos en los ríos europeos varía según las distintas regiones. Los datos obtenidos por la Agencia Europea de Medio Ambiente en distintas estaciones de muestreo para el período 1992-96 indican que un 50% de las estaciones de muestreo presenta concentraciones mayores de 1 mg/L de nitratos. Las mayores concentraciones tienen lugar en la zona norte del Oeste europeo, donde existe una agricultura intensiva, mientras que en el Sur de Europa las concentraciones son menores. Alrededor de un 11% de las estaciones europeas superan la concentración media anual de 25 mg/L de nitratos y menos del 1% de las estaciones ha superado la concentración media anual de 50 mg/L en los últimos años (ETC-IW, 1998).

La Figura 93 muestra la concentración de nitratos en algunos ríos de la Europa mediterránea. Se observa que en Francia, fundamentalmente en la zona noroccidental donde discurren los ríos Loira y Sena, es donde se producen los contenidos más altos.

---

<sup>24</sup> Este contenido se expresa como porcentaje en peso de nitrógeno en los distintos compuestos.

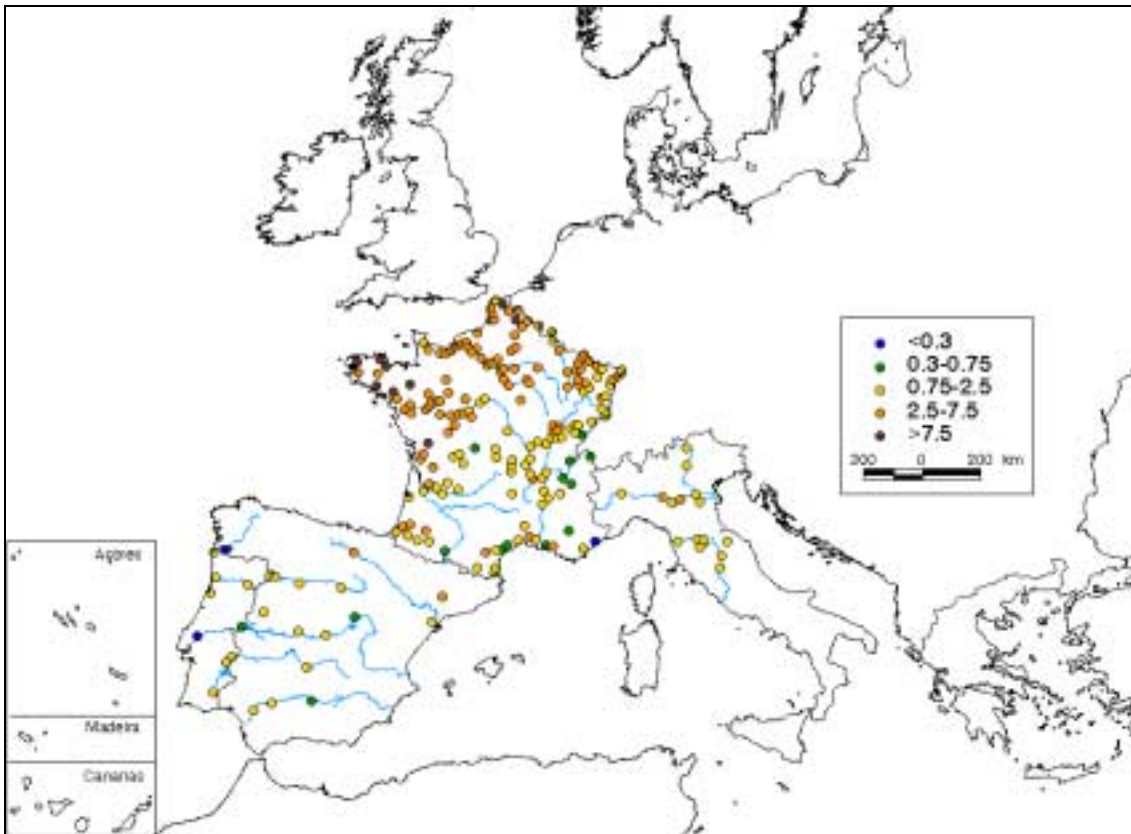


Figura 93. Concentración de nitratos (en mg/L) en determinados ríos de la UE mediterránea  
Fuente: EEA, 1999e.

En la Figura 94 se muestra la evolución temporal del contenido de nitratos en algunos ríos de los países mediterráneos, observándose que en todos ellos se ha producido un aumento en los últimos años y que la mayor variabilidad se produce en la cuenca de clima más árido, la del río Guadiana, en España.

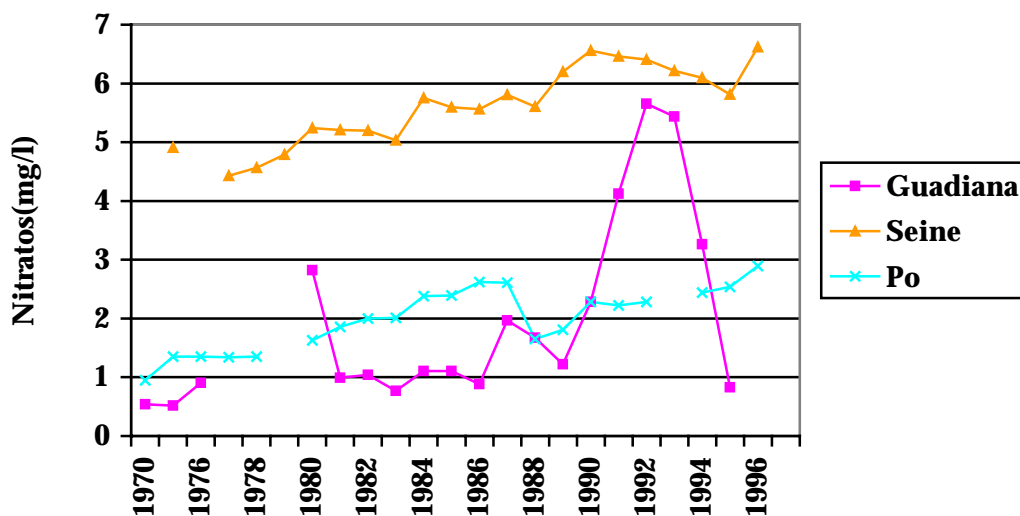


Figura 94. Evolución temporal de nitratos en algunos ríos de los países mediterráneos. Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998.

La variabilidad interanual del contenido de nitratos de los ríos de dos grandes cuencas españolas, Ebro y Guadiana, se muestra en la Figura 95, observándose que los valores más altos se alcanzan en los años más secos, al ser menores los volúmenes de dilución en los ríos.

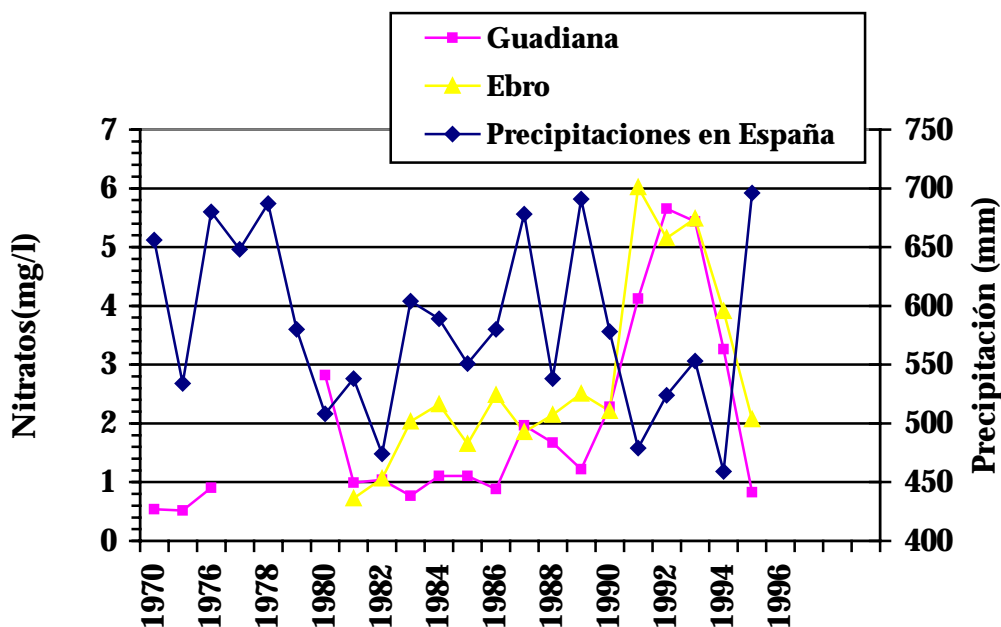


Figura 95. Evolución temporal de nitratos en algunos ríos españoles y contraste con las precipitaciones medias anuales en España. Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998.

El impacto medioambiental de la contaminación por nitratos no resulta tan dañino como el debido al amonio o al fósforo. En la UE, los puntos en los que las altas concentraciones de nitratos pueden restringir los usos del agua representan un pequeño porcentaje del total del recurso (EEA, 1999e).

La preocupación en los países comunitarios, de los que no resultan excepción los mediterráneos, por el exceso de nitratos en algunas zonas afectadas por la contaminación difusa procedente de la agricultura, dio lugar a la redacción de la Directiva 91/676/CEE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura. En esta Directiva se considera que las aguas superficiales afectadas por la contaminación son aquellas en las que la concentración de nitratos es superior a 50 mg/L. Además se declaran zonas vulnerables a todas las superficies cuya escorrentía fluya hacia las aguas contaminadas y que contribuyan a la contaminación. En estas zonas se deben tomar medidas especiales para evitar el uso excesivo de fertilizantes.

La presencia de amonio en los ríos procede normalmente de los efluentes de las redes urbanas de saneamiento y depuración o de la escorrentía. Es la fuente

principal de nitrógeno para muchas plantas ya que su incorporación en la materia viva requiere menor energía que el nitrato. Los niveles de amonio en las aguas naturales varían rápidamente. El amonio es altamente indeseable tanto como consumidor de oxígeno como por ser la base de la producción de cloraminas durante las etapas de cloración para potabilizar el agua. Los efectos tóxicos del amonio en la fauna acuática dependen del pH, de los sólidos disueltos totales y de la temperatura (EEA, 1999e). La Directiva 98/83 sobre agua potable para consumo humano establece que el contenido de amonio no debe superar los 0,5 mg/L. Según la Directiva 78/659 relativa a los criterios de aptitud para la vida de los peces, la máxima concentración admisible de amonio total en el agua es de 1 mg/L.

La Figura 96 muestra la concentración media anual de amonio en los países de la Europa mediterránea, observándose que el país que presenta las concentraciones más elevadas es España, con una proporción importante que excede los 0,5 mg/L y que en Grecia y Portugal las concentraciones son significativamente reducidas.

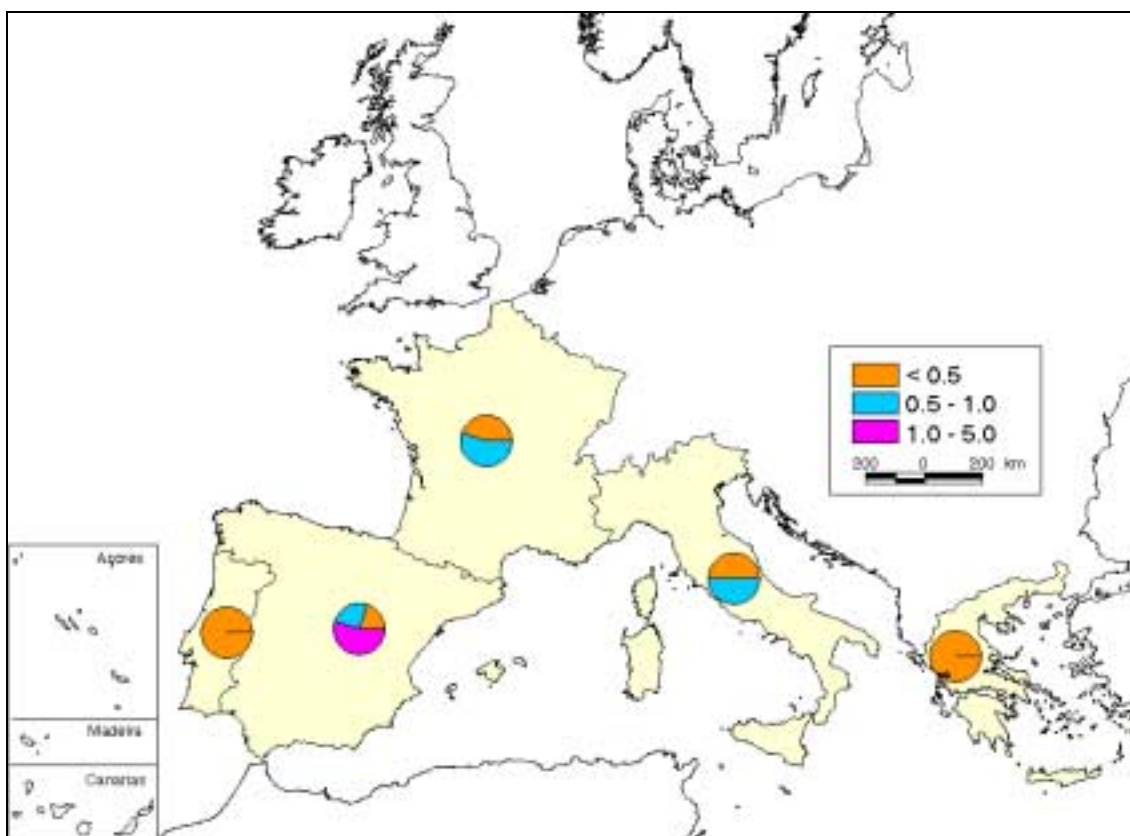


Figura 96. Concentración media anual de amonio por país (en mg/L) según los datos de determinados ríos. Fuente: Correia, F. N., 1998a y MIMAM, 1998.

Nota: Los ríos de los que se tienen datos en cada país son: Portugal: Tejo, Minho, Douro, Guadiana en Rocha de Galé. España: Guadalquivir, Duero, Tajo, Ebro, Guadiana en Badajoz. Concentración disuelta. Francia: Loire, Seine, Garonne, Rhône, Rhin. Concentración disuelta en Loire y Seine. Italia: Po, Adige, Tevere, Metauro. Grecia: Strimonas, Pinios, Aliakmonas.

## Los compuestos de fósforo y su concentración en los ríos mediterráneos.

La carga de fósforo generalmente aumenta con la actividad humana existente sobre la cuenca. En las áreas con mayor densidad de población, entre el 50-75% de la carga de fósforo disuelto en las aguas superficiales procede de fuentes puntuales, mientras que la actividad agrícola representa entre el 20 y 40%. Si no hubiese actividad humana los niveles serían del orden del 5-10 % de los existentes con dicha actividad.

En la cuenca mediterránea se han registrado unas emisiones de fósforo de 0,8 kg P/ha, frente a los 2,7 kg P/ha en los países de la cuenca del mar del Norte, los casi 2,0 kg P/ha en la cuenca del Danubio y los menos de 0,5 kg P/ha de los países nórdicos. Estos valores están muy relacionados con la densidad de población de cada área.

Las principales fuentes puntuales de contaminación de fósforo en las aguas fluviales proceden de los efluentes urbanos e industriales. Los detergentes son las principales fuentes de fósforo en las aguas residuales urbanas, mientras que en las aguas procedentes de la industria, los mayores contaminantes proceden de las fábricas de fertilizantes fosfatados.

La Directiva 76/116/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre abonos, y que posteriormente se ha modificado en actos sucesivos, limita el contenido<sup>25</sup> en fósforo de distintos productos obtenidos químicamente para la elaboración de abonos fosfatados.

Con objeto de reducir las emisiones de fósforo, en los últimos años se ha venido actuando reduciendo su contenido en los detergentes, y sustituyéndolo por otras sustancias. En Italia, por ejemplo, la Ley prohíbe la utilización de fósforo en los detergentes. En otros países se han realizado acuerdos con la industria de los detergentes para reducir tales contenidos. Las Decisiones del Consejo 1999/476/CEE y 1999/427/CEE establecen criterios ecológicos para la concesión de la etiqueta ecológica comunitaria<sup>26</sup> a los detergentes para ropa y lavavajillas, respectivamente. En particular, en lo que se refiere a detergentes para uso doméstico, se establecen criterios que limitan el contenido en fosfatos inorgánicos expresados como STTP<sup>27</sup>.

Las industrias productoras de fertilizantes fosfatados vierten en ocasiones cantidades de fósforo en grandes proporciones. Sin embargo estas emisiones se han visto reducidas durante la década de los 90 debido a la mejora de las tecnologías de depuración de aguas (EEA, 1999b).

---

<sup>25</sup> Este contenido se expresa como porcentaje en peso de fósforo soluble en distintos elementos fertilizantes.

<sup>26</sup> Atendiendo al Reglamento nº 880/92 del Consejo.

<sup>27</sup> Tripolfosfato de sodio.



El fósforo se mide como fósforo total (P-total) y como fósforo reactivo soluble (SRP). En los valores de P-total influye la cantidad de materia en suspensión, por lo que dependen mucho del comportamiento de los sólidos en suspensión del río. El fósforo soluble se incorpora rápidamente a las plantas. Las concentraciones de fósforo soluble están muy influidas por el estado trófico del río, descendiendo notoriamente durante los períodos de intenso crecimiento de las algas, que suele ser en primavera y en verano, cuando la mayor parte de los ríos tienen menos capacidad de dilución.

En general suele admitirse que en cuencas con poca actividad humana, las concentraciones de fósforo total (P-total) deben ser menores de 25  $\mu\text{g/L}$ ; mientras que concentraciones mayores de 50  $\mu\text{g/L}$  indican una influencia antropogénica (EEA, 1995). La Directiva 98/83/CEE relativa a las aguas destinadas al consumo humano limita la concentración en fósforo soluble a 5  $\text{mg P}_2\text{O}_5/\text{L}$ . En la Directiva 75/440/CEE sobre agua potable, no se debe superar la concentración de 0,7  $\text{mg P}_2\text{O}_5/\text{L}$ .

La Figura 97 muestra la concentración media de P-total en algunos ríos de la Europa mediterránea. De los promedios observados, las concentraciones más elevadas corresponden a España (700  $\mu\text{g P/L}$ ) y Francia (400  $\mu\text{g P/L}$ ). En Italia y Portugal se registran valores similares (210 y 260  $\mu\text{g P/L}$ ), siendo Grecia el país que menor concentración de fósforo presenta en los ríos muestreados (90  $\mu\text{g P/L}$ ).

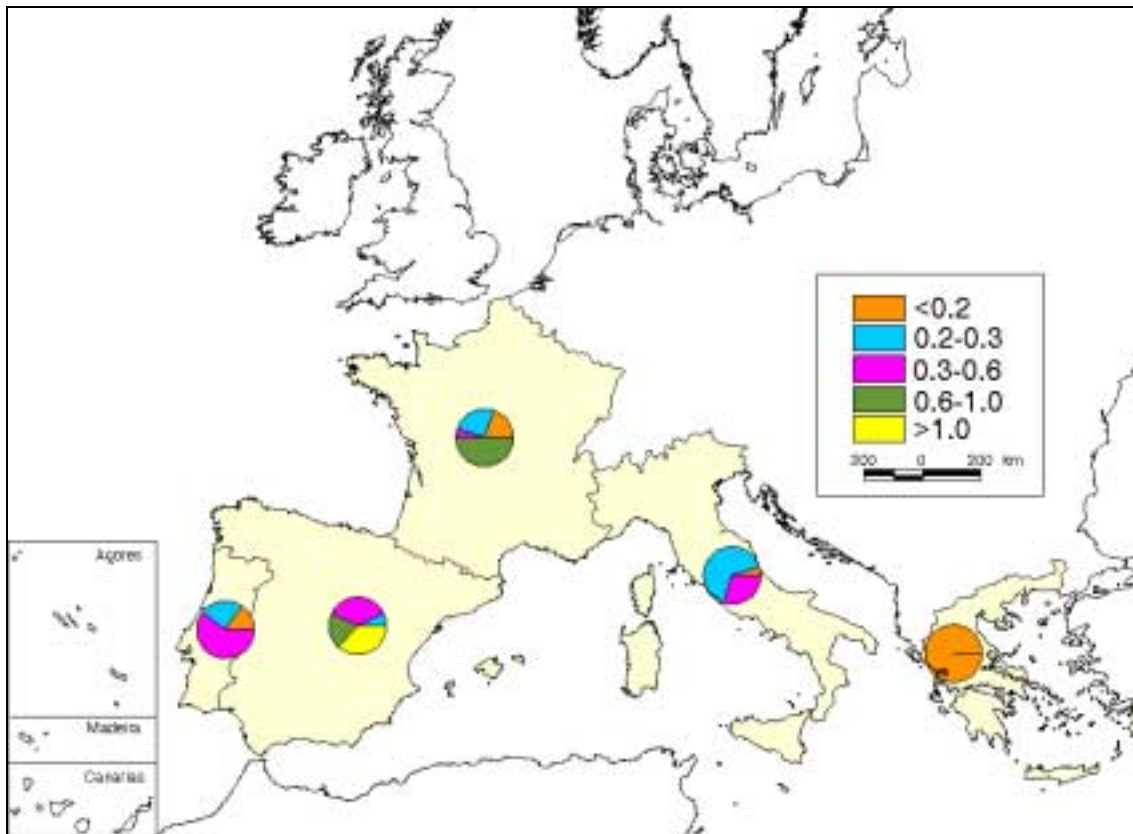


Figura 97. Concentración de fósforo (mg/L) en determinados ríos de la UE mediterránea (Fuente: OECD, 1999)

Nota: Los ríos de los que se tienen datos en cada país son: Portugal: Tejo, Minho, Douro, Guadiana en Rocha de Galé. España: Guadalquivir, Duero, Tajo, Ebro, Guadiana en Badajoz. Francia: Loire, Seine, Garonne, Rhône, Rin. Italia: Po, Adige, Tevere, Metauro. Grecia: Strimonas, Pinios, Aliakmonas.

La Figura 98 muestra la evolución de las concentraciones de fósforo total en distintos ríos de los países mediterráneos. En ella se aprecia cómo no existe una tendencia general para todos los ríos y se observa una acusada variabilidad interanual en algunos de ellos.

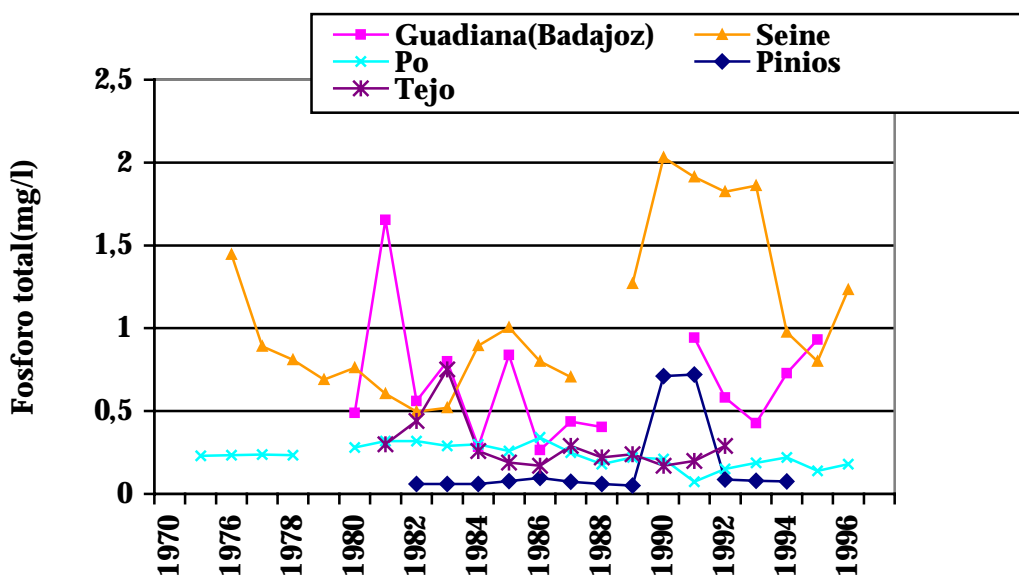


Figura 98. Evolución temporal de fósforo total (P-total) en algunos ríos de los países mediterráneos (Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998)

### El estado trófico de los ríos, lagos y embalses

La eutrofización se define como un enriquecimiento de las masas de agua con nutrientes (especialmente compuestos de nitrógeno y fósforo), pero también materia orgánica, que causa un crecimiento acelerado de algas y otras formas superiores de vida vegetal y que produce un desequilibrio indeseable en el balance de los organismos presentes en el agua y en la calidad de ésta (EEA, 1999d).

Además del impacto sobre el ecosistema acuático, la eutrofización produce problemas en la utilización de las aguas fluviales. El suministro a las aglomeraciones urbanas es particularmente vulnerable a los efectos de la eutrofización. Por ejemplo, ésta puede provocar problemas, a causa del exceso de algas, en el sistema de tratamiento del agua. Entre los principales problemas cabe mencionar la obstrucción de los filtros, la corrosión de tuberías, o la existencia de colores, olores y gustos indeseables. Aunque otros usos son menos sensibles a la eutrofización, también se han producido problemas en la generación de energía hidroeléctrica, en la agricultura, con la obstrucción de los sistemas de riego por goteo, en la acuicultura o en los usos recreativos de lagos y embalses, donde la aparición de algas causa una alta turbidez, una baja transparencia y olores (EEA, 1999e).

El estado trófico de los ríos generalmente se expresa, bien como un exceso de macrofitos en el lecho de los ríos, en caso de pequeños cursos fluviales, o bien como eutrofización planctónica, en caso de ríos grandes o corrientes con poca velocidad. En ambos casos, la fotosíntesis y la respiración dan lugar a variaciones diurnas del oxígeno disuelto a saturación y del pH. La fotosíntesis tiene lugar durante el día implicando un aumento en la concentración de

oxígeno y, por fijar CO<sub>2</sub>, un aumento del pH. La respiración tiene los efectos contrarios.

El parámetro más común para determinar el estado trófico es la concentración de clorofila, pero ésta no suele medirse de manera sistemática en las estaciones de muestreo los ríos. Es habitual, por tanto, efectuar aproximaciones sobre el estado trófico de las masas de agua, relacionando la concentración de clorofila con otros parámetros, principalmente el oxígeno disuelto a saturación y el pH (ETC-IW, 1998). En el estudio realizado por la EEA sobre nutrientes (ETC-IW, 1998) se han establecido relaciones de este tipo procedentes de numerosas estaciones de muestreo europeas y se han comparado con los datos disponibles de clorofila.

Por otra parte, la relación de concentraciones de nitrógeno y fósforo (relación N/P) determina teóricamente el crecimiento de un tipo de alga u otro. El principal inconveniente para realizar este análisis es que no hay información sobre si los datos de concentración de fósforo y nitrógeno han sido tomados simultáneamente, por lo que hay que recurrir a diferentes hipótesis para la estimación de la relación N/P. En todo caso si la relación N/P < 10, entonces es cuando se produce el mayor peligro de eutrofización.

En cuanto al estado trófico de lagos y embalses, la eutrofización produce un cambio en la estructura biológica de éstos, que suelen clasificarse en *eutróficos*, *mesotróficos* y *oligotróficos*, de acuerdo con su capacidad para producir una biomasa vegetal más o menos abundante.

Los lagos y embalses eutróficos se caracterizan por tener una elevada productividad primaria y una gran concentración de nutrientes. Por regla general, son poco profundos, turbios en verano por efecto del fitoplancton y con bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el fondo con tendencia a la anoxia durante el periodo de estratificación. Los oligotróficos tienen un contenido bajo en nutrientes, son poco productivos, transparentes, profundos y con una elevada concentración de oxígeno disuelto en el hipolimnion. Los mesotróficos ocupan una posición intermedia entre ambos (MIMAM, 1998).

A las categorías tróficas antes mencionadas pueden introducirse dos nuevas: ultraoligotrófico e hipereutrófico, de acuerdo con los criterios de la OECD (Tabla 49).

Categoría trófica	Clorofila media	Clorofila máxima	Fósforo total	Media de Secchi	Mínimo de Secchi
Ultraoligotrófico	< 1,0	< 2,5	< 4,0	> 12,0	> 6,0
Oligotrófico	< 2,5	< 8,0	< 10,0	> 6,0	> 3,0
Mesotrófico	2,5 – 8	8 – 25	10 – 35	6 – 3	3 - 1,5
Eutrófico	8 – 25	25 – 75	35 – 100	3 - 1,5	1,5 – 0,7
Hipereutrófico	> 25	> 75	> 100	< 1,5	< 0,7

Cl. media = media anual de la concentración de clorofila en aguas superficiales (mg/m<sup>3</sup>)

Cl. máxima = pico anual de la concentración de clorofila en aguas superficiales (mg/m<sup>3</sup>)

Fósforo total = media anual de concentración de fósforo total en el agua (µg/L)

Media de Secchi = media anual de transparencia de la profundidad de Secchi (m)

Mínimo de Secchi = mínimo anual de transparencia de la profundidad de Secchi (m)

Tabla 49. Valores límites para un sistema de clasificación trófica. Fuente: MIMAM, 1998

En Portugal los datos más recientes del INAG indican que de una muestra de 51 embalses, 19 son eutróficos y 2 son hipertróficos (EEA, 1999d).

En España, el problema de eutrofización en los embalses ha sido más estudiado, sobre todo en lo que a número se refiere, que el de los lagos y lagunas. A partir de una muestra que representa más del 90% de la capacidad total de embalse en España, se ha estimado que un 48 % del volumen total de los embalses se encuentra en un estado avanzado de eutrofización. Los embalses más eutróficos están situados en los tramos bajos de los ríos principales, después de su paso por las grandes áreas urbanas. Los oligotróficos, por el contrario, se sitúan principalmente en las cabeceras de los ríos, en zonas despobladas, frías y cubiertas de una vegetación densa (MIMAM, 1998).

En Francia, un estudio realizado sobre 95 lagos naturales y 84 embalses utilizados para abastecimiento urbano, mostró que aproximadamente la mitad de las masas de agua localizadas en altitudes inferiores a 1.000 m se encontraban eutróficas (Meybeck et al, 1987). Datos más recientes parecen indicar que esta situación no ha mejorado sustancialmente (EEA, 1999d).

En Italia, un estudio realizado en 1985 con una muestra de 82 lagos y 55 embalses indicaba que el 10% de las masas de agua se encontraba hipertrófica y el 30% eutrófica. De las restantes masas, el 40 % era mesotrófica y el 18% oligotrófica o ultraoligotrófica.

### 6.2.3 La contaminación por metales pesados en los ríos

La contaminación por metales pesados en los cursos fluviales tiene su origen principalmente en las industrias y en las explotaciones mineras. Otras fuentes importantes son los efluentes urbanos, la escorrentía y la deposición atmosférica.

Los metales pesados de mayor peligro para la salud humana son el mercurio, el cadmio y el plomo. También se deben tener en cuenta por su amplia utilización el cinc y el cobre, si se presentan en cantidades excesivas. La presencia de estos últimos metales en el agua origina efectos distintos en el ecosistema acuático y en la salud humana, puesto que los niveles de tolerancia en el cuerpo humano son en general mayores que los de los peces, moluscos o plantas.

Ante el preocupante crecimiento de la contaminación por metales pesados en los ríos durante la década de los 70, la UE adoptó una serie de medidas para reducir tal contaminación, basada en la reducción de las emisiones.

La primera de estas medidas fue la Directiva 76/464, relativa a la contaminación del agua por sustancias tóxicas y peligrosas, en cuyos anejos se enumeran las sustancias de origen eminentemente industrial y agrícola que se consideran altamente peligrosas en virtud de su bioacumulación, persistencia y toxicidad.

La Directiva anterior define dos listas, la Lista I que trata de las sustancias sobre las que se deben tomar medidas para eliminar su presencia en las aguas y la Lista II, sobre las sustancias cuya contaminación en las aguas se debe reducir. El Mercurio y el Cadmio forman parte de la Lista I y el Plomo, Cobre y Cinc de la Lista II.

En desarrollo de la mencionada Directiva, han sido publicadas hasta ahora un total de siete Directivas que especifican los objetivos de calidad y las normas de emisión para 17 sustancias de entre todas las susceptibles de ser incluidas en la Lista I. Tres de las Directivas publicadas tratan sobre metales pesados, las Directivas 82/176/CEE y 84/156/CEE, que se refieren al mercurio y la 83/513/CEE, que se refiere al Cadmio.

La propuesta de decisión del Parlamento europeo y del Consejo por la que se establece la lista de sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas (COM(2000) 47 final)<sup>28</sup> incluye un total de cuatro metales y sus compuestos, cuya presencia en el medio acuático preocupa: níquel, plomo, cadmio y mercurio. De la lista prioritaria se han excluido el arsénico y el cobre debido a que la variación en las condiciones locales y la evolución en las especies parecen influir en gran medida en la clasificación de sustancias, no teniéndose para éstas últimas información suficiente que permita clasificarlas dentro de la lista prioritaria.

Las mejoras realizadas en las técnicas industriales, así como las mejoras en la depuración de las aguas residuales han contribuido a un descenso de las emisiones puntuales de metales pesados en los últimos años. Sin embargo, las emisiones difusas siguen siendo un problema, debido a que resulta más difícil su control (EEA, 1998).

---

<sup>28</sup> Esta lista constituye el Anexo X a la propuesta de Directiva Marco del Agua

El mercurio (Hg) es un elemento que aparece de forma natural en el medioambiente o de forma combinada con otros elementos (EHC, 1997). Una de las formas de combinación del mercurio, el mercurio orgánico – p.ej. el acetato de fenilmercurio- puede aparecer altamente concentrado en los tejidos de algunos peces, por lo que pequeñas dosis de mercurio en el agua pueden originar una gran toxicidad en estos peces. Además, tanto en forma orgánica como inorgánica es una sustancia tóxica para la salud humana, causando daños severos e incluso la muerte. El envenenamiento por mercurio a través de las aguas continentales puede ser debido a la ingestión de peces contaminados por mercurio orgánico, o bebiendo agua contaminada por mercurio orgánico o inorgánico. Una vez que se vierte al medio ambiente, permanece indefinidamente. Si se vierte en forma orgánica, puede lentamente descomponerse en mercurio inorgánico. Asimismo, una parte del mercurio inorgánico vertido al agua podrá transformarse lentamente en forma orgánica por la acción de las bacterias.

A pesar del éxito aparente de las medidas adoptadas en el pasado contra la contaminación por mercurio, muchos países de la UE, incluidos los mediterráneos, han confirmado que sus programas nacionales de reducción siguen considerando el mercurio como una sustancia peligrosa, objeto de control y seguimiento (COM(2000) 47 final).

Las Directivas 82/176/CEE y 84/156/CEE fijan los valores límite de emisión de mercurio y los objetivos de calidad que deben cumplir las instalaciones en las que se efectúa el tratamiento de dicho metal o cualquier sustancia que lo contenga. La concentración máxima admisible de las aguas afectadas por los vertidos no deberá rebasar  $1 \mu\text{g}/\text{L}$ <sup>29</sup>.

El cadmio es un elemento que se encuentra generalmente combinado con otros elementos, como el oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio) o azufre (sulfuro de cadmio). En el agua, sus compuestos varían desde los más solubles, como el cloruro de cadmio, a los más insolubles, como el óxido de cadmio. Este último compuesto es un probable agente cancerígeno. La Directiva 83/513/CEE fija los valores límite de los vertidos de Cd, según el sector industrial. En general, el valor límite no debe superar la concentración de  $200 \mu\text{g Cd}/\text{L}$  vertido. Por otra parte, la Directiva 98/83 sobre aguas destinadas al consumo humano, establece que la concentración máxima admisible de Cadmio para este uso es de  $5 \mu\text{g Cd}/\text{L}$ .

En la Figura 99 se muestra la evolución de la concentración media de cadmio en algunos ríos de la UE mediterránea, observándose que el Tajo en Portugal es el río de los representados que presenta las mayores concentraciones, seguido del Sena, en Francia. En ambos ríos se superan en algunos años la concentración de

---

<sup>29</sup> Como media aritmética de los resultados obtenidos durante un año.

5  $\mu\text{g Cd/L}$ . Por otra parte, exceptuando el río Garona, no se aprecia una tendencia clara en la evolución de las concentraciones a lo largo del tiempo.

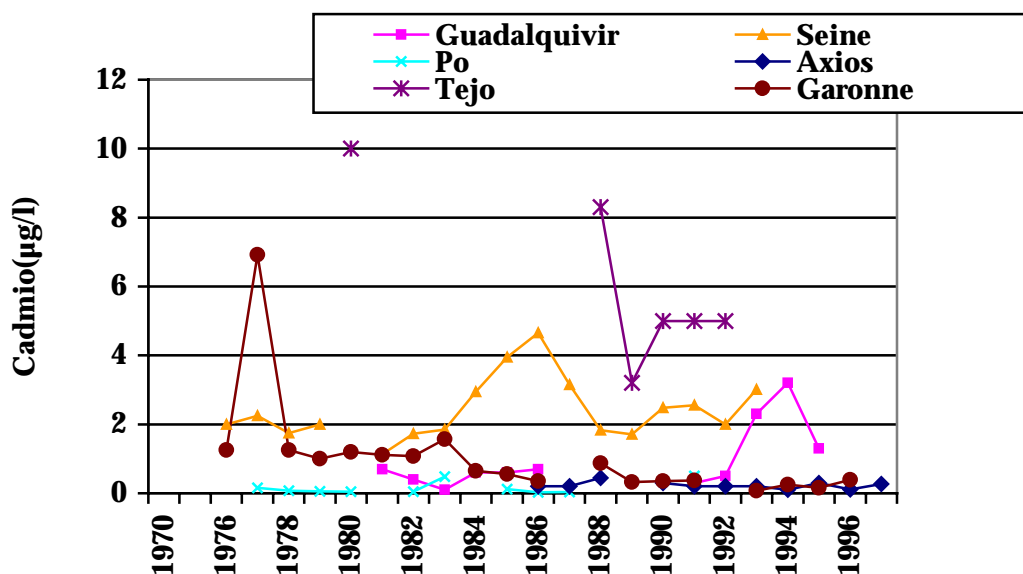


Figura 99. Evolución temporal de la concentración de Cadmio en algunos ríos de los países mediterráneos (Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998)

El plomo es un elemento que se encuentra de forma natural o bien como aleación con otros metales o formando parte de compuestos, principalmente como óxido, acetato, clorato, fosfato, nitrato y otros. El plomo es un elemento tóxico en todas sus formas, particularmente por su efecto acumulativo en los peces con efectos tóxicos muy severos. Por ello su utilización en pinturas, gasolinas, productos cerámicos y otros productos industriales se ha ido reduciendo durante los últimos años.

En la Figura 100 se muestra la evolución de la concentración media de plomo en algunos ríos de la UE mediterránea, observándose, por ejemplo, que entre los ríos representados, las concentraciones más elevadas y con mayor variabilidad interanual, se producen en el río Sena en Francia. En un gran número de años se supera la concentración máxima admisible de 10  $\mu\text{g Pb/L}$  (agua corriente) establecida para el consumo humano según la Directiva 98/83. Por otra parte y con carácter general, se observa una ligera tendencia en el tiempo a la reducción de las concentraciones de Pb, seguramente relacionada con su menor utilización en los productos antes mencionados.



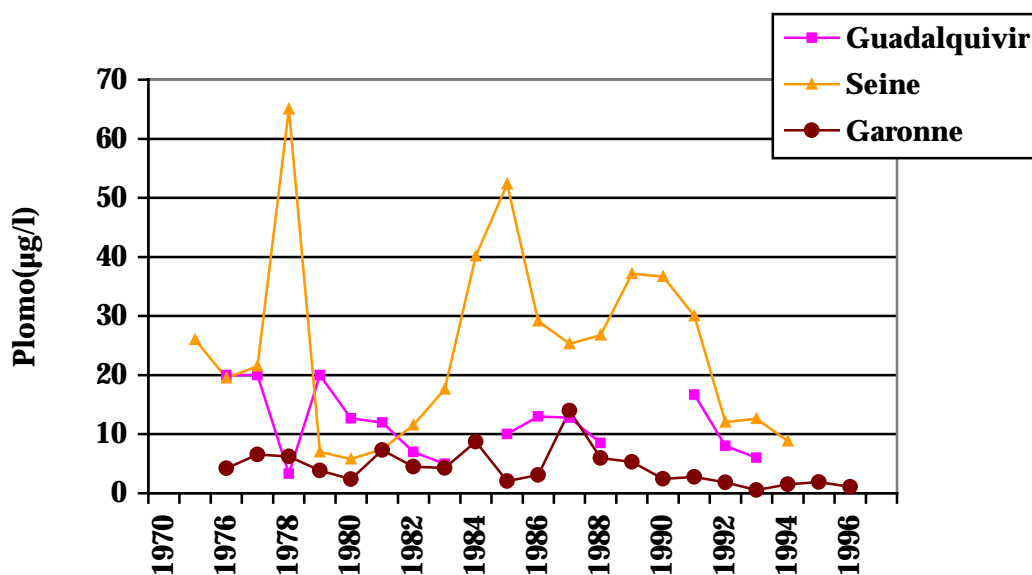


Figura 100. Evolución temporal de la concentración de plomo en algunos ríos de los países mediterráneos (Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998)

La extensa utilización por ejemplo de los distintos compuestos del cobre en la industria metalúrgica, papelera, textil, etc, así como su utilización como insecticida, herbicida y fungicida, hace que si se presenta en cantidades excesivas resulte un producto contaminante del recurso hídrico. La toxicidad del cobre es generalmente mayor en agua con bajo contenido mineral que en el agua con mayor dureza y alcalinidad. En las cuencas sin actividad humana, las concentraciones de cobre en el agua son generalmente inferiores a 2 - 5 µg Cu/L. Aunque para el consumo humano se permiten concentraciones hasta 2.000 µgCu/L, los peces no soportan concentraciones mucho más bajas.

La Figura 101 muestra la evolución de la concentración de cobre en algunos ríos mediterráneos de la UE. De los ríos representados, el Sena en Francia es el que tiene las mayores concentraciones, aunque parece observarse una cierta tendencia decreciente en los últimos años.

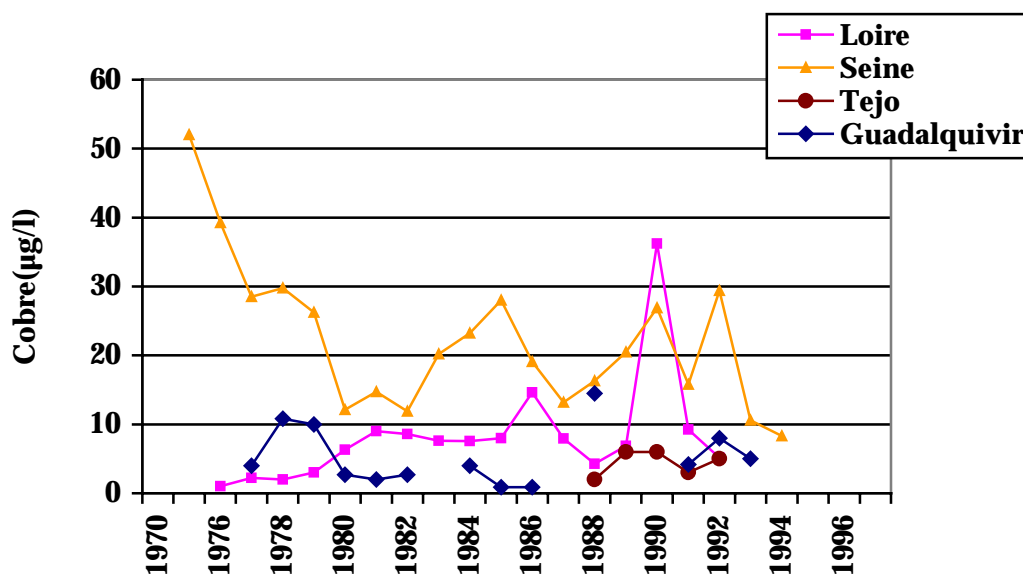


Figura 101. Evolución temporal de la concentración de cobre en algunos ríos de los países mediterráneos (Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998)

El cinc (Zn) pertenece también al grupo de las sustancias consideradas como indeseables y se encuentra en el agua por deposición atmosférica o del lavado de suelos. En pequeñas dosis, es un nutriente esencial para la salud (en concentraciones máximas de 5 mg/L), no así para el medio acuático. Se suele encontrar en estado puro, mezclado con otros metales en forma de aleaciones – tal es el caso del bronce –, en compuestos químicos –en forma de cloruro o sulfato, etc –.

El níquel es una sustancia que se ha identificado como prioritaria según los criterios de clasificación de la UE. Entre las instalaciones industriales que utilizan el níquel se encuentran las de fundición de acero, fabricación de imanes magnéticos, de baterías de Ni-Cd y la industria cerámica. Se ha comprobado que pequeñas cantidades de Ni pueden resultar esenciales para el crecimiento normal y la reproducción de algunas especies animales y también para el hombre (EHC, 1997). La Directiva 75/440/CEE sobre agua potable considera el níquel como una sustancia tóxica. Igual sucede con la Directiva 98/83/CEE, que limita su concentración máxima en el agua destinada al consumo humano a 20 µg Ni/L.

#### 6.2.4 La contaminación por compuestos orgánicos

El origen de la contaminación de las aguas superficiales por compuestos orgánicos es diverso, aunque frecuentemente está relacionado con la utilización inadecuada de plaguicidas en agricultura. Cabe mencionar asimismo como fuentes de contaminación por compuestos o microcontaminantes orgánicos las fugas en depósitos y conducciones, la eliminación y vertido - urbano e

industrial - de residuos que contienen disolventes, desengrasantes, conservantes, agentes de limpieza etc.

Las limitaciones en la emisión de estos compuestos se trata en la Directiva 76/464/CEE, relativa a la contaminación del agua por sustancias tóxicas y peligrosas, en cuyos anejos, como ya se ha mencionado se enumeran las sustancias de origen eminentemente agrícola (plaguicidas) e industrial que se consideran altamente peligrosas.

En el desarrollo de esta directiva han sido publicadas hasta ahora un total de otras siete directivas. Entre las que hacen referencia a compuestos orgánicos cabe mencionar la 84/491/CEE para los vertidos de hexaclorociclohexano, la 86/280/CEE para el DDT, pentaclorofenol y tetracloruro de carbono, la 88/347/CEE, que fija los valores para los vertidos de aldrin, dieldrin, isodrin, hexaclobenceno, hexaclorobutadieno y cloroformo y la 90/415/CEE para los vertidos de 1,2-dicloroetano, tricloroetileno, tetracloroetileno y triclorobenceno.

También se hace referencia a algunos de estos compuestos, y se limitan sus concentraciones, en la nueva Directiva 98/83/CE relativa a aguas potables. Entre estas sustancias cabe mencionar, por ser de nuevo control, la acrilamida, epiclorhidrina, cloruro de vinilo y benceno.

La propuesta de decisión del Parlamento europeo y del Consejo por la que se establece la lista de sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas (COM(2000) 47 final) incluye un total de 28 compuestos orgánicos. Se han eliminado las sustancias más restringidas o que no se utilizan en los Estados miembros y que, por lo tanto, pueden considerarse como *contaminantes históricos* (como el DDT o el aldrín, el dieldrín y el isodrín). Si el motivo de que las aguas superficiales no se encuentren en buen estado ecológico es la contaminación de los sedimentos por *contaminantes históricos*, el Estado miembro debe informar de este hecho en el plan hidrológico de cuenca e incluir actuaciones de reparación ambiental en el programa de medidas.

#### 6.2.5 *La contaminación microbiológica*

El agua es esencial para la vida humana y básica para la higiene y protección de la salud, pero al mismo tiempo puede ser un vehículo de transmisión de enfermedades. Un número importante de enfermedades como la fiebre tifoidea o la hepatitis infecciosa tipo A puede extenderse a través del agua por agentes microbiológicos, por lo que un suministro de agua potable fiable y seguro es esencial para proteger la salud de los individuos y de las comunidades.

Tanto la cantidad como la calidad del suministro son importantes. Tener el agua suficiente es de gran importancia en todo lo relacionado con la salud pública, ya que la transferencia directa de enfermedades de persona a persona o

vía alimentos contaminados es más alta cuanto mas pobre es la higiene resultante de la escasez de agua.

La fiebre tifoidea es la más seria de las enfermedades gastro - intestinales resultante de la infección por *Salmonella* spp. La incidencia actual de la fiebre tifoidea es baja en los países de la UE y muchos de los casos que se han producido han sido, probablemente, importados (EEA/WHO, 1999).

La hepatitis infecciosa (hepatitis A) se extiende por contaminación fecal de los alimentos, el agua potable o el agua usada para el baño. La mayoría de los países europeos tienen registrados los casos de hepatitis A. En España se han registrado un número total de 28 brotes epidémicos a través del agua desde 1988 hasta 1995 (EEA/WHO, 1999).

Las bacterias patógenas suelen tener un tiempo relativamente corto de vida en aguas abiertas y reducciones del 90% del número de bacterias ( $T_{90}$ ) pueden producirse entre 6 y 18 horas. Sin embargo la dificultad para el aislamiento de bacterias patógenas en los seguimientos rutinarios hace que lo habitual sea el recuento de bacterias *E. coli*, que son de origen fecal.

Los virus patógenos se encuentran en un número mucho menor que las *E. coli* en los efluentes, pudiendo variar su número entre 100 y 10.000 por litro, lo que supone 10 millones de veces menos que el número de *E. coli*. Como el  $T_{90}$  de los enterovirus es mucho mayor que el de las *E. coli*, un número bajo de éstas no indica necesariamente que no haya virus presentes (Jansen, PPh. *et al.*, 1979). La legislación europea obliga a que no se detecten *E. Coli* y enterococos en el agua destinada a consumo humano (Directiva 98/83/CEE). Las recomendaciones de la OMS para la calidad del agua potable siguen este mismo criterio.

#### 6.2.6 *La contaminación térmica*

La contaminación térmica se refiere a los cambios excesivos de temperatura en los medios acuáticos debidos a la actividad humana. Estos cambios de temperatura modifican en el agua algunas reacciones bioquímicas y ocasionan cambios físicos o químicos.

La mayoría de los vertidos térmicos los originan las centrales eléctricas, pero también los sistemas de aire acondicionado y refrigeración, industrias papeleras, siderúrgicas, del caucho, petroquímicas, plantas de licuefacción de gases y desaladoras de agua del mar.

El proceso de refrigeración de las centrales energéticas emplea gran volumen de agua, que es vertida después. Bastantes centrales toman y vierten en el mar, pero muchas otras usan aguas continentales. En circuito abierto vierten directamente a un ecosistema acuático y requieren caudales importantes,

mientras que en circuito cerrado el agua es enfriada en torres de refrigeración, balsas, etc. y reutilizada en el proceso.

Los vertidos térmicos alteran las características físico-químicas de las aguas afectando al metabolismo, crecimiento y reproducción de la población y cambiando la dominancia hacia especies más termófilas. En macroinvertebrados y peces aumenta su crecimiento, pero también sus necesidades nutricionales, condicionando la supervivencia y la migración de especies.

En España, por ejemplo, el Reglamento de Dominio Público Hidráulico establece que el máximo incremento de temperatura en los ríos será de 3 °C, mientras que en los lagos o embalses el vertido no deberá superar los 30 °C. El Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica reduce los valores anteriores en aguas salmonícolas y ciprinícolas.

### **6.3 La contaminación de las aguas subterráneas**

#### *6.3.1 El principio de prevención*

A diferencia de lo que ocurre con las aguas superficiales, la detección de la contaminación, la identificación de sus fuentes y la evaluación de sus efectos presentan mayores dificultades cuando se trata de las aguas subterráneas. En aquéllas, el problema puede resolverse una vez controlada la fuente de contaminación, en general fácilmente identificable. En las aguas subterráneas, la degradación de la calidad se detecta con frecuencia cuando el proceso contaminante ha afectado a amplias zonas del acuífero.

Como contrapartida, el poder depurador del terreno, en especial en acuíferos detríticos con porosidad intergranular y elevado contenido en minerales de arcilla o materia orgánica en la zona no saturada, puede atenuar o reducir a niveles aceptables el deterioro de la calidad de las aguas subterráneas. Este hecho constituye un factor positivo de protección natural de la calidad de las aguas subterráneas y está íntimamente ligado al concepto de vulnerabilidad (Varela, 1993).

Una vez que se ha contaminado un acuífero, su recuperación, aunque es factible, es de gran complejidad técnica y supone un elevado coste. La conservación de la calidad de las aguas subterráneas debe regirse, por tanto, por el principio de prevención, evitando que se produzca su contaminación, estableciendo los medios y normativas que limiten el vertido incontrolado, la instalación de actividades peligrosas sin las debidas medidas de seguridad y la aplicación inadecuada de productos agroquímicos.

A continuación se describen los principales tipos de contaminación de las aguas subterráneas: por nitratos, por plaguicidas, por metales pesados, por intrusión marina, etc y su estado actual en los distintos países.

### *6.3.2 La contaminación por nitratos*

Los niveles de nitratos en las aguas subterráneas en régimen natural son generalmente bajos, típicamente menores de 10 mg/L. Concentraciones mayores se deben enteramente a las actividades humanas, tales como la agricultura, la industria, los efluentes domésticos, etc.

Los nitratos generalmente se mueven lentamente en los acuíferos y por tanto suelen existir desfases temporales importantes entre el momento que se produce la actividad contaminante y la detección del contaminante en las aguas subterráneas.

En la Figura 102 se muestra la distribución territorial de la contaminación por nitratos en los países objeto del estudio, indicándose aquellas zonas con concentraciones mayores de 25 mg/L y 50 mg/L, valor éste último establecido como límite máximo por la Directiva 98/83 sobre calidad de las aguas destinadas al consumo humano. En la citada figura se observa que las mayores extensiones superficiales con concentraciones que exceden el límite anterior se dan en la zona noroccidental de Francia, aunque en España también existe un gran número de acuíferos donde se excede ese límite.

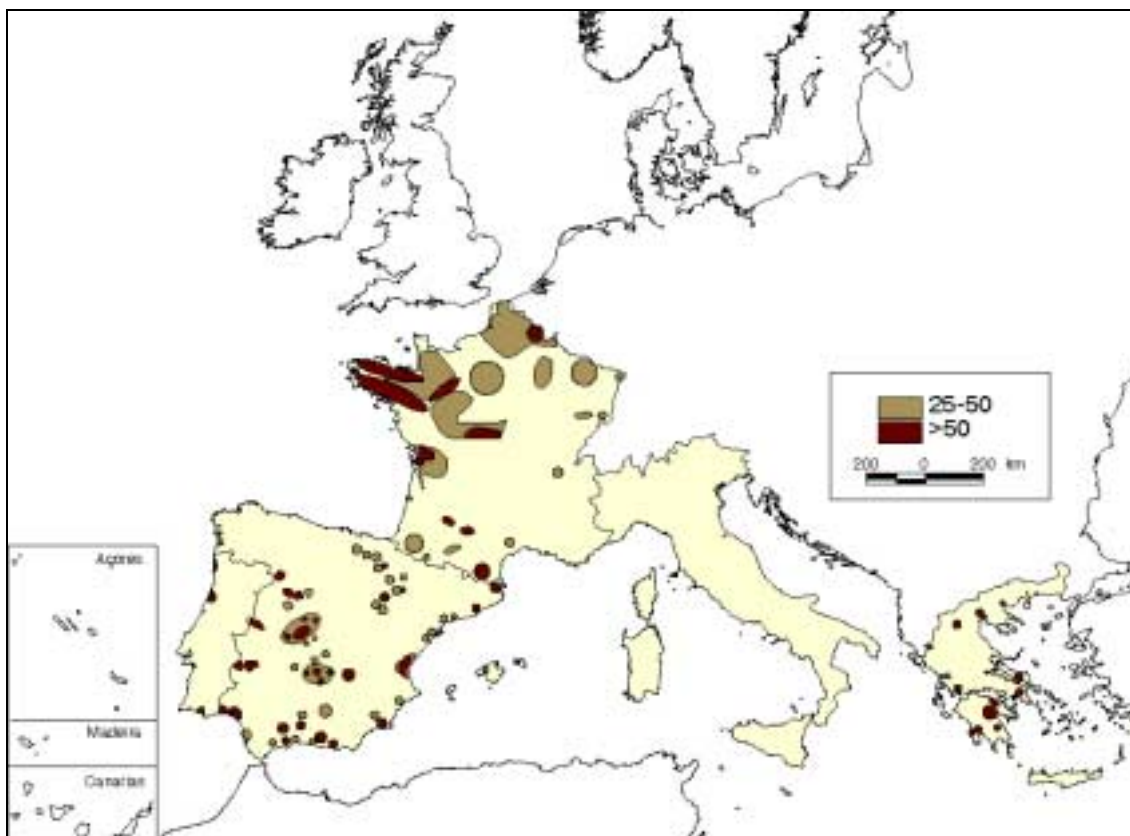


Figura 102. Contaminación por nitratos ( $\text{mg NO}_3/\text{L}$ ) en aguas subterráneas (elaborada a partir de EEA, 1998). Nota: en Italia no se dispone de datos

La información disponible en los países de la Unión Europea indica que entre un 2 y un 5% de las fuentes de agua potable tenía a principios de los años noventa concentraciones de nitratos que excedían la máxima concentración admisible de 50  $\text{mg/L}$  (Varela, 1994).

Resultados de una investigación llevada a cabo en Francia sobre unidades de distribución de agua en las ciudades con más de 10.000 habitantes (65% de la población francesa) indican que se detectaron, en algún momento del año 1991, concentraciones de nitratos que excedían los límites de la UE en el agua potable suministrada a 3,9 millones de personas (DGS, 1993)

En el acuífero poco profundo y de superficie  $20 \text{ km}^2$  bajo la ciudad de Narbona en Francia se ha producido un incremento de las concentraciones de nitratos y sulfatos hasta valores de 150  $\text{mg/L}$  y 300  $\text{mg/L}$ . Este incremento puede explicarse por la combinación de distintas causas: la infiltración de las aguas residuales domésticas, el almacenamiento de fertilizantes y el uso de nitrato de potasio en las bodegas profundas donde se almacena el vino (Razack et al, 1990).

La contaminación por nitratos de las aguas subterráneas utilizadas para uso urbano también afecta a varias regiones en España, siendo las Islas Canarias y

Baleares, Cataluña y Valencia las áreas donde el deterioro de la calidad de las aguas es mayor (Varela, 1994).

Un suministro de agua que contenga niveles altos de nitratos se considera un riesgo potencial en la salud, fundamentalmente por su alto nivel de incidencia en el desarrollo de la metahemoglobinemia en los niños (enfermedad del niño azul). Se conoce por ejemplo que el 97,7% de todos los casos de metahemoglobinemia en niños recogidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) hasta 1985, ocurrieron en áreas con concentraciones de nitratos superiores a 90 mg/L (Varela, 1994).

Existe un alto nivel de controversia en la comunidad científica sobre los factores y mecanismos que controlan ese riesgo para la salud humana. Los resultados presentados en muchos trabajos realizados sobre este tema no son concluyentes. Parece sin embargo que es un hecho extremadamente raro en los países de la UE el que la methaemoglobinemia se produzca únicamente por la carga de nitratos presente en las aguas potables. Normalmente cuando se ha desarrollado esta enfermedad, además de altas concentraciones de nitratos existían problemas de contaminación bacteriológica (Varela, 1994).

### *6.3.3 La contaminación por plaguicidas*

La Directiva 98/83/CE sobre calidad del agua para consumo humano establece las concentraciones máximas de plaguicidas en el agua para consumo humano en 0,1 µg/L para sustancias individuales y en 0,5 µg/L para el total de plaguicidas. En algunos casos la Organización Mundial de la Salud (OMS) propone límites más altos que los fijados por la Directiva.

Como ya se mencionó en el apartado sobre contaminación por compuestos orgánicos en aguas superficiales, la Directiva 76/464/CE trata sobre la contaminación del agua por sustancias tóxicas y peligrosas, entre las que se encuentran algunos plaguicidas. Para el desarrollo de esta Directiva se han publicado una serie de Directivas que tratan diferentes sustancias, entre las que se incluyen los plaguicidas DDT y metabolitos, aldrin y compuestos afines, pentaclorofenol, hexaclorobenceno y hexaclorociclohexano.

En un estudio sobre la calidad y cantidad de las aguas subterráneas en Europa realizado recientemente por la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, 1999 a) se ha analizado la situación de la contaminación por plaguicidas en Europa. El número de sustancias activas analizadas varía enormemente entre países, desde 4 en Hungría hasta 122 en el Reino Unido, siendo las sustancias que se analizan más frecuentemente el aldrín, atrazina, dieldrin, lindano, heptacloro y simazina. Algunos países, como Estonia, Letonia y Suecia no miden los plaguicidas. En otros, como Malta y Portugal no se considera que sean un problema. Y finalmente, otros como Austria, Chipre, Dinamarca,



Francia, Hungría, República de Moldavia, Noruega, Rumania y República de Eslovaquia, han informado sobre la existencia de problemas significativos con ciertos plaguicidas que exceden los límites admisibles.

En España la contaminación debida a la utilización de plaguicidas ha ocasionado la presencia de aldrín, DDT y atrazina en zonas regables de la Mancha Occidental, que en ocasiones exceden los límites deseables. En algunos acuíferos de las cuencas del Guadalquivir, Júcar y Ebro también se ha detectado la presencia de este tipo de compuestos. En las aguas subterráneas del acuífero aluvial de Vitoria se han detectado atrazina, lindano y otros plaguicidas procedentes de prácticas agrícolas (MIMAM, 1998).

#### *6.3.4 La contaminación por metales pesados*

Los vertidos de efluentes derivados de actividades urbanas, mineras y, fundamentalmente, industriales provocan la presencia de metales pesados en las aguas subterráneas que, en ocasiones, inciden en su calidad hasta el punto de que no resultan aptas para el consumo humano.

En España, metales tóxicos como el cadmio, plomo, cobre, cinc, selenio, arsénico y cromo se han detectado con cierta frecuencia, aunque de manera muy puntual, en algunas zonas de las cuencas del Tajo, Guadalquivir, Sur, Ebro y Cuencas Internas de Cataluña (MIMAM, 1998).

En Francia se conocen muchos casos de acuíferos aluviales que contienen concentraciones altas de hierro y manganeso, aunque no en todos los casos se ha identificado la fuente contaminante (residuos industriales, aguas residuales o desechos de la minería). También se ha producido un incremento de las concentraciones de cinc, plomo y cobre en distintas zonas del país debido a la contaminación que se produce en las autopistas o la relacionada con otras actividades industriales específicas. Otro ejemplo de este tipo de contaminación se ha producido en el acuífero de Lorraine, donde los niveles de Cadmio han crecido debido a prácticas agrícolas intensivas (EEA, 1999d). Por otra parte se han descrito sólo unos pocos casos de contaminación debido a cromo hexavalente procedente de vertidos industriales (EEA, 1999d).

#### *6.3.5 La salinización de los acuíferos por intrusión marina*

El origen del problema de la salinización de acuíferos puede ser debido a la influencia de los materiales por los que circula el agua (yesos o evaporitas), a la recirculación de aguas de riego, cargadas de sales añadidas en los tratamientos agrícolas a las que se suman las sales disueltas del suelo, o a la intrusión marina, provocada por la invasión del agua de mar en los acuíferos costeros cuando se realizan bombeos excesivos. A continuación se describe este último

tipo de salinización, dada la importancia que los acuíferos costeros tienen en estos países.

La explotación intensiva de los acuíferos costeros suele venir acompañada de una bajada de sus niveles piezométricos, que provoca un avance del agua del mar, fenómeno conocido como intrusión marina. Este avance produce un aumento en la concentración de las sales, que en ocasiones impide que ese agua pueda ser utilizada para consumo humano.

En el litoral Mediterráneo y fundamentalmente en España, la intrusión marina se presenta de forma bastante generalizada (Figura 103).

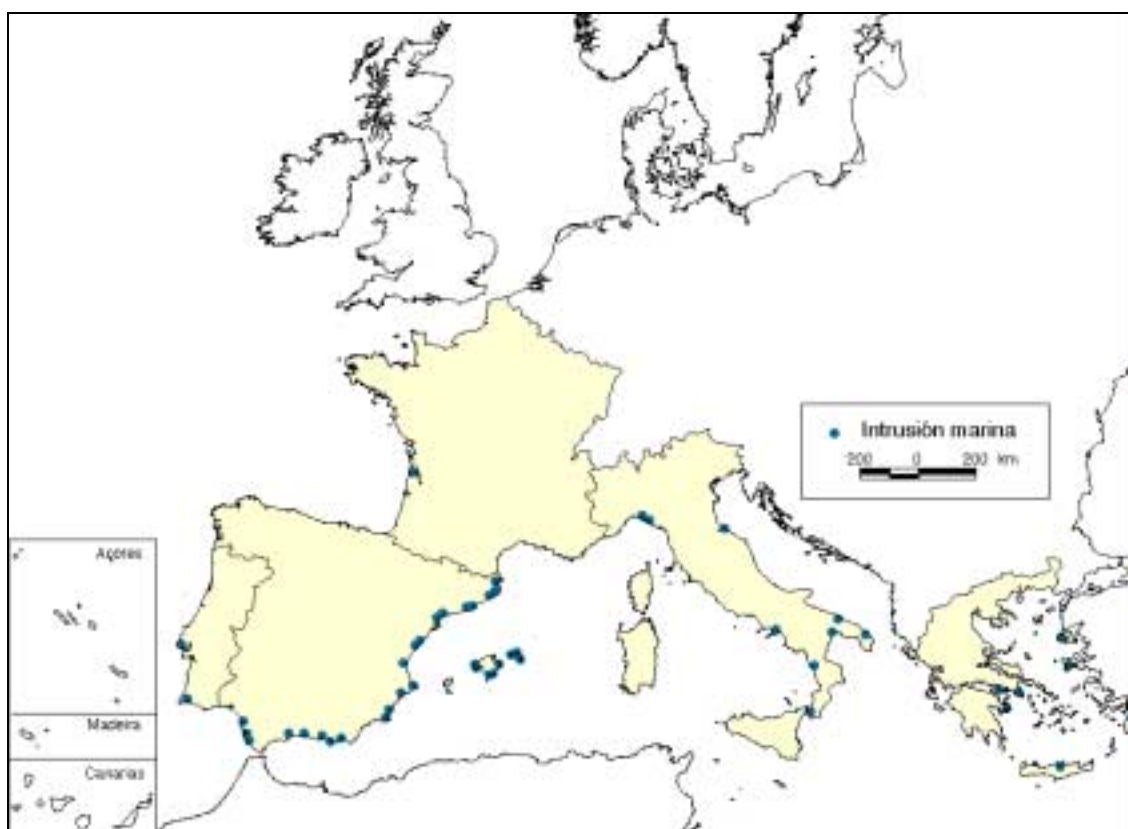


Figura 103. Intrusión marina en los países mediterráneos. Fuente: EEA, 1995

En algunos acuíferos costeros de la Comunidad de Valencia en España (Plana de Vinaroz-Peñíscola y Plana de Oropesa-Torreblanca) los contenidos de cloruros superan los 500 mg/L permanentemente. Los acuíferos costeros del Sur peninsular presentan problemas localizados. En el litoral Atlántico-Sur ocurren procesos de intensa intrusión que entre los años 1990 y 1994 alcanzaron su punto de mayor intensidad (MIMAM, 1998).

En Italia se ha producido intrusión marina debido a la sobrexplotación de los acuíferos en las áreas costeras de Liguria, en la vertiente oeste de los Apeninos desde Nápoles a Reggio di Calabria y en la vertiente este entre Ravenna y

Apulia y también en Bari, Taranto y en las islas de Sicilia y Cerdeña (RIVM-RIZA, 1991).

En las zonas costeras de Grecia, especialmente en las islas de Creta, Lesbos, Chios y Rodas, se han producido efectos negativos debidos a la intrusión de agua del mar (UN, 1990).

## **6.4 La calidad de las aguas en relación con los usos**

### *6.4.1 Introducción*

Los procesos contaminantes se desencadenan por el vertido de determinadas sustancias al medio hídrico y por su influencia negativa sobre la aptitud del agua para satisfacer determinados usos u objetivos de calidad.

A continuación se describe la situación actual de las aguas mediterráneas desde el punto de vista de su aptitud para distintos usos.

### *6.4.2 Las aguas potables para el consumo humano*

Los criterios de aptitud para el consumo humano se definen en las Directivas 75/440/CEE y 79/869/CEE. La Directiva 75/440/CEE, relativa a la calidad de las aguas destinadas a la producción de agua potable (y la complementaria sobre los análisis y frecuencia de muestreo a realizar, Directiva 79/869/CEE), trata sobre la calidad que deben tener las aguas superficiales continentales para que puedan utilizarse como aguas potables tras recibir el tratamiento apropiado. Se establecen tres grupos, A1, A2 y A3, de menor a mayor exigencia en el tratamiento en función de los valores de distintos parámetros de calidad (Tabla 50). Se diferencia entre los valores guía, que corresponden a los límites que deben intentar cumplir los Estados miembros y los valores imperativos, que son aquellos de obligado cumplimiento. Los requerimientos de calidad deben cumplirse en los puntos de toma para el abastecimiento urbano.

Parámetro	Unidad	Tipo A1	Tipo A2	Tipo A3
PH	-----	(6,5-8,5)	(5,5-9)	5,5-9)
Color	mg /Escala Pt	20 (10) (o)	100 (50) (o)	200 (50) (o)
Sólidos en suspensión	mg /L	(25)	---	---
Temperatura	°C	25 (22) (o)	25 (22) (o)	25 (22) (o)
Conductividad a 20° C	µS/cm	(1.000)	(1.000)	(1.000)
Olor	Factor de dilución	(3)	(10)	(20)
Nitratos	mg /L NO <sub>3</sub>	50 (25) (o)	50 (o)	50 (o)
Fluoruros	mg /L F	1,5 (0,7/1)	(0,7/1,7)	(0,7/1,7)
Hierro disuelto	mg /L Fe	0,3 (0,1)	2 (1)	(1)
Manganeso	mg /L Mn	(0,05)	(0,1)	(1)
Cobre	mg /L Cu	0,05 (0,02) (o)	(0,05)	(1)
Cinc	mg /L Zn	3 (0,5)	5 (1)	5 (1)
Boro	mg /L B	(1)	(1)	(1)
Arsénico	mg /L As	0,05 (0,01)	0,05	0,1 (0,05)
Cadmio	mg /L Cd	0,005 (0,001)	0,005 (0,001)	0,005 (0,001)
Cromo total	mg /L Cr	0,05	0,05	0,05
Plomo	mg /L Pb	0,05	0,05	0,05
Selenio	mg /L Se	0,01	0,01	0,01
Mercurio	mg /L Hg	0,001 (0,0005)	0,001 (0,0005)	0,001 (0,0005)
Bario	mg /L Ba	0,01	1	1
Cianuro	mg /L CN	0,05	0,05	0,05
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>	250 (150)	250 (150) (o)	250 (150) (o)
Cloruros	mg /L Cl	(200)	(200)	(200)
Detergentes	mg /L (laurilsulfato)	(0,2)	(0,2)	(0,5)
Fosfatos	mg/L P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	(0,4)	(0,7)	(0,7)
Fenoles	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	0,001	0,005 (0,001)	0,1 (0,01)
Hidrocarburos disueltos o emulsionados	mg /L	0,05	0,2	1
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	mg /L	0,0002	0,0002	0,001
Plaquicidas totales	mg /L	0,001	0,0025	0,005
DQO	mg /L O <sub>2</sub>	---	---	(30)
Oxígeno disuelto	% satur.	(70)	(50)	(30)
DBO <sub>5</sub>	mg /L O <sub>2</sub>	(3)	(5)	(7)
Nitrógenos Kjeldahl	mg /L N	(1)	(2)	(3)
Amoniaco	mg/L NH <sub>4</sub>	(0,5)	1,5 (1)	4 (2) (o)
Sustancias extraíbles con cloroformo	mg/L SEC	(0,1)	(0,2)	(0,5)
Coliformes totales 37°C	/100 ml	(50)	(5.000)	(50.000)
Coliformes fecales	/100 ml	(20)	(2.000)	(20.000)
Estreptococos fecales	/100 ml	(20)	(1.000)	(10.000)
Salmonellas	---	Ausente en 5.000 ml	Ausente en 1.000 ml	---

Tabla 50. Características de calidad de las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable (Directiva 75/440). Fuente: MIMAM(1998)

Entre paréntesis figuran los valores guía de la Directiva

Por su parte, la Directiva 98/83/CE, que supone una revisión de la Directiva 80/778/CEE, trata sobre la calidad de las aguas destinadas al consumo humano o en la industria alimentaria afectando a la salubridad del producto alimenticio final.

En los anejos de la Directiva 98/83/CE se establecen los mínimos de calidad exigibles a las aguas para que puedan ser destinadas al consumo humano, los cuales se resumen en la Tabla 51.

Parámetro	Unidad	Valor
<b>Parámetros microbiológicos</b>		
Escherichia coli (E. coli)	número/100 ml	0
Enterococos	número/100 ml	0
<b>Parámetros químicos</b>		
Acilamida	µg/L	0,1
Antimonio	µg/L	5
Arsénico	µg/L	10
Benceno	µg/L	1
Benzo(a)pireno	µg/L	0,01
Boro	mg/L	1
Bromato	µg/L	10
Cadmio	µg/L	5
Cromo	µg/L	50
Cobre	mg/L	2
Cianuro	µg/L	50
1-2 Dicloroetano	µg/L	3
Epiclorhidrina	µg/L	0,1
Fluoruro	mg/L	1,5
Plomo	µg/L	10
Mercurio	µg/L	1
Níquel	µg/L	20
Nitrato	mg/L	50
Nitrito	mg/L	0,5
Plaguicidas	µg/L	0,1
Total plaguicidas	µg/L	0,5
Hidrocarburos policíclicos aromáticos	µg/L	0,1
Selenio	µg/L	10
Tetracloroetano y Tricloroetano	µg/L	10
Total Trihalometanos	µg/L	100
Cloruro de vinilo	µg/L	0,5
<b>Parámetros indicadores</b>		
Aluminio	µg/L	200
Amonio	mg/L	0,5
Cloruro	mg/L	250
Clostridium perfringens (incluidas esporas)	número/100 ml	0
Color		Aceptable para los consumidores y sin cambios anómalos
Conductividad	µS/cm a 20°C	2500
Concentración en Iones hidrógeno	unidades pH	>=6,5 y <=9,5
Hierro	µg/L	200
Manganeso	µg/L	50
Olor		aceptable para los consumidores y sin cambios anómalos
Oxidabilidad	mg/L O <sub>2</sub>	5
Sulfato	mg/L	250
Sodio	mg/L	200
Sabor		aceptable para los consumidores y sin cambios anómalos
Recuento de colonias a 22°C		sin cambios anómalos
Bacterias coliformes	número/100 ml	0

Parámetro	Unidad	Valor
Carbono Orgánico Total (COT)		sin cambios anómalos
Turbidez		aceptable para los consumidores y sin cambios anómalos
Tritio	Bq/L	100
Dosis indicativa total	mSv/año	0,10

Tabla 51. Características de calidad de las aguas superficiales destinadas al consumo humano (Directiva 98/83/CE)

La Directiva 75/440/CEE establece qué aguas pueden ser utilizadas previo tratamiento para el consumo humano y la Directiva 98/83/CE define los requisitos mínimos de calidad exigibles una vez realizado el tratamiento.

En cuanto a la situación actual en los distintos países, el nivel de calidad del agua para el consumo humano en Portugal es difícil de determinar, al quedar en manos de las entidades locales. Los Servicios de Salud tienen la competencia del seguimiento del nivel de calidad, siendo la Dirección General de Medio Ambiente la responsable de asegurar el cumplimiento de la legislación. En los últimos años esta situación ha ido mejorando, pero todavía existen muchos municipios que no cumplen con las normas vigentes, especialmente en lo que al número y frecuencia de muestreo se refiere. En la Figura 104 se muestra la calidad del agua para la producción de agua potable en Portugal mediante la clasificación A1, A2 y A3.

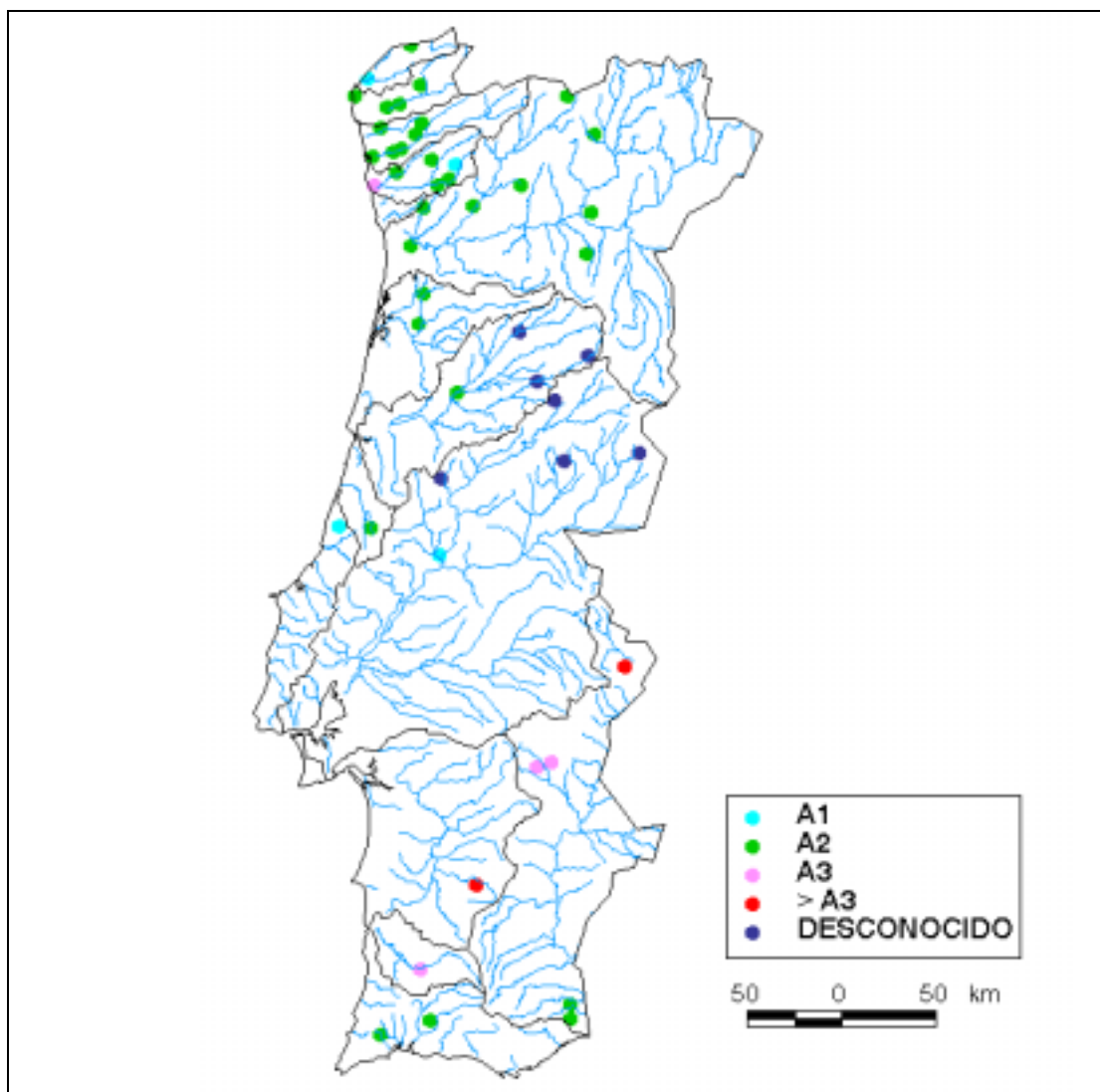


Figura 104. Calidad del agua para la producción de agua potable en Portugal (Fuente: INAG)

En España, el agua que se utilice directamente para el abastecimiento a las poblaciones previo tratamiento (aguas prepotables A1, A2 ó A3) debe tener una calidad mínima que es garantizada en cada punto de toma por la Administración hidráulica, en concreto por las Confederaciones Hidrográficas. Una vez el agua prepotable ha superado estos requisitos mínimos de calidad, las Comunidades Autónomas y los Ayuntamientos tienen la responsabilidad de asegurar y comprobar que la calidad del agua se atiene a los mínimos exigibles en las tablas de los anejos de la Directiva 98/83.

En la figura adjunta (tomada de MIMAM, 1998) se muestra la aptitud del agua, durante los últimos 15 años, para ser utilizada en la producción de agua potable según los valores imperativos de la Directiva 75/440/CEE reflejados en la Tabla 51. En MIMAM (1998) se ha considerado que la aptitud es buena en aquellos puntos de la red en los que en un porcentaje elevado de los años la calidad del agua ha sido la A1, normal cuando ha sido A2, regular cuando ha sido A3 y mala cuando la calidad ha sido inferior a A3. En este mapa se muestran también



los objetivos de calidad recogidos en los Planes Hidrológicos de Cuenca relativos al uso prepotable en los distintos tramos de río, lo que orienta sobre el grado de cumplimiento de los mismos.

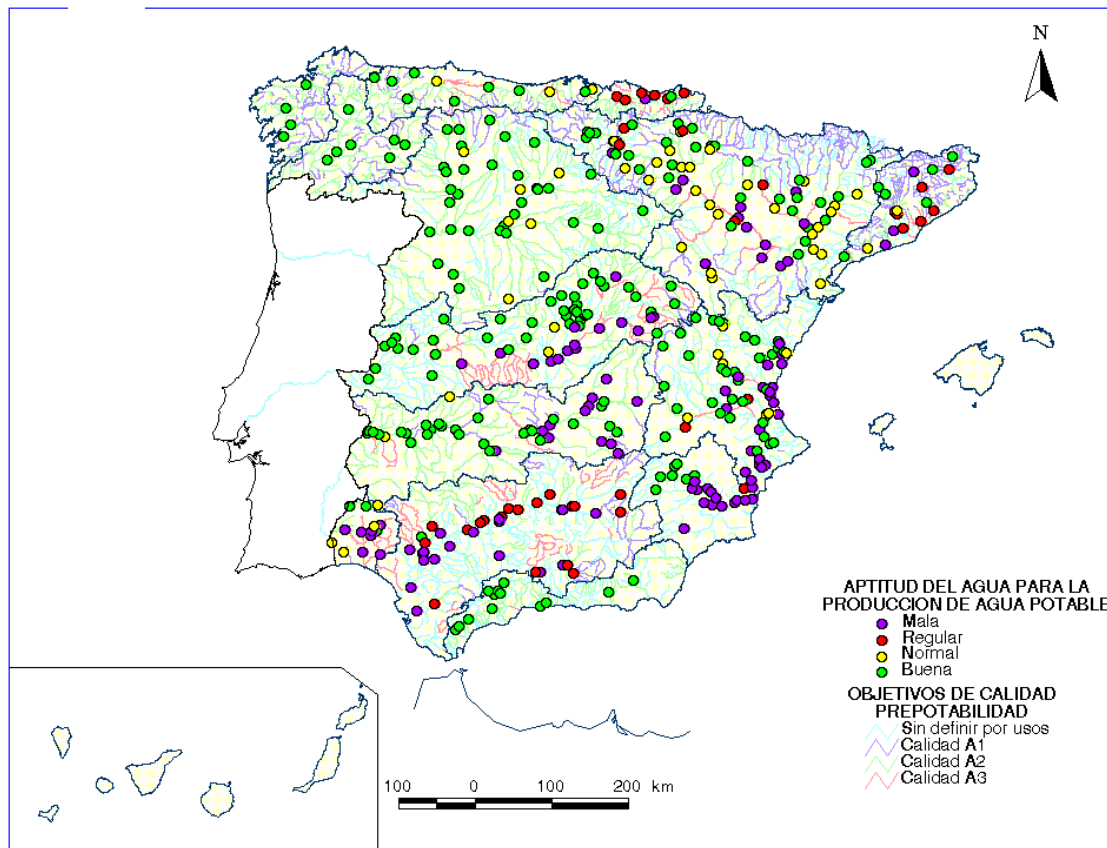


Figura 105. Mapa de aptitud del agua para la producción de agua potable según los valores imperativos de la Directiva 75/440/CEE en España (tomada de MIMAM, 1998)

Hay que advertir que la figura anterior ofrece únicamente una visión general sobre la aptitud del agua para ser utilizada, previo tratamiento, en el abastecimiento urbano. El análisis se ha realizado en los puntos de muestreo de una red de propósito general (la Red COCA), que en muchos casos no coinciden con puntos de toma de agua para abastecimiento.

En Francia, la Directiva 75/440/CEE fue inicialmente transpuesta a través de una circular administrativa, que es el nivel mínimo de documento administrativo, teniendo carácter normativo de recomendación. La Comisión no consideró suficiente este tipo de normativa con lo que a partir de 1991 se ha procedido a la transposición de las Directivas mediante un Decreto.

En relación con la Directiva 98/83/CE, los sistemas de abastecimiento en los que se toman medidas con cierta frecuencia para su análisis son aquellos que abastecen a más de 10.000 habitantes, de los cuales 931 puntos abastecen a una población de 36,2 millones de habitantes (62% de la población total del país). De entre los análisis efectuados, sólo se detecta un exceso temporal sobre el límite

permitido de nitratos y de contaminantes microbiológicos correspondiente a una población de 5,1 y 1,6 millones de habitantes, lo que representa el 14% y el 4%, respectivamente, de la población abastecida en esos puntos (Correia, FN, 1999).

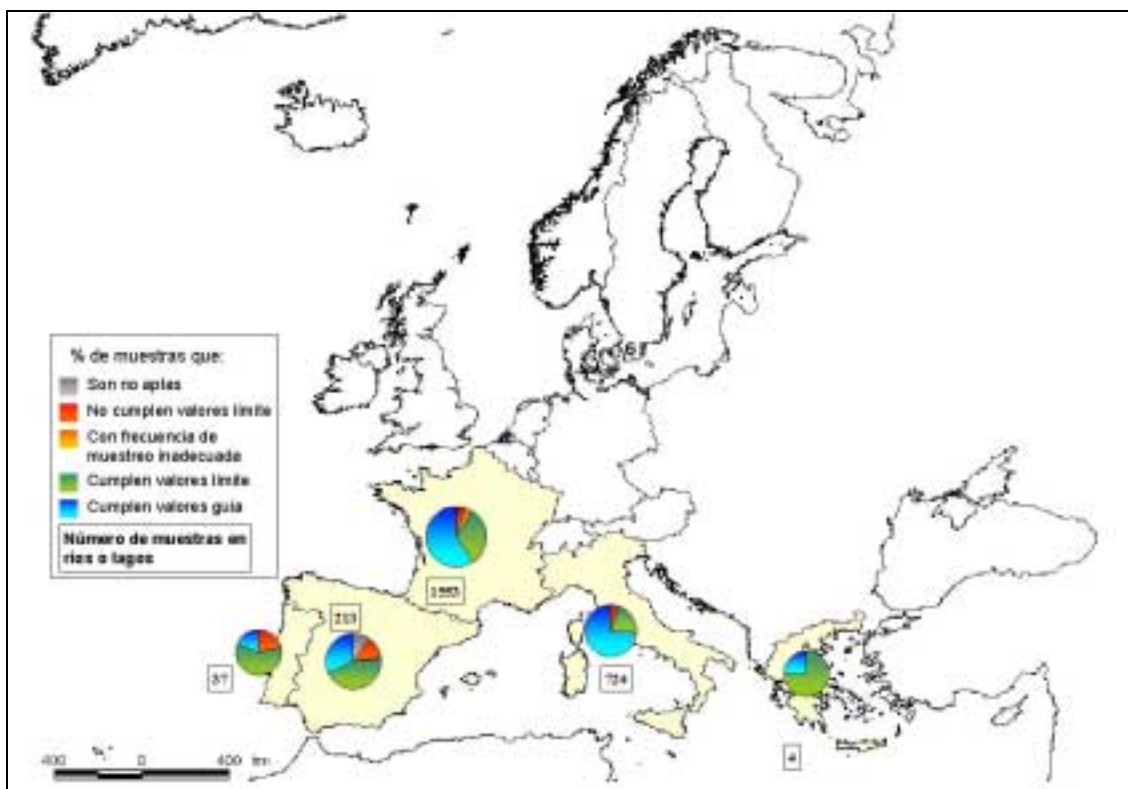
#### 6.4.3 La aptitud de las aguas para el baño

La Directiva 76/160/CEE, relativa a la calidad de las aguas de baño, se encuentra en proceso de revisión y tiene como objetivo asegurar unos niveles mínimos de calidad en aquellas aguas continentales y costeras que vayan a ser destinadas al baño (Tabla 52). Este conjunto normativo constituye un valioso instrumento de carácter sanitario ante un uso del agua que, como se menciona en otros capítulos, cada vez presenta mayor valoración social.

Parámetros	Valor Guía	Valor Imperativo
Coliformes totales /100 ml	500	10.000
Coliformes fecales /100 ml	100	2.000
Estreptococos fecales /100 ml	100	-
Salmonellas / 1l	-	0
Enterovirus PFU /10 ml	-	0
pH	-	6-9
Color	-	Ningún cambio anormal
Aceites minerales (mg/L)	≤0,3	Sin película en superficie
Sustancias tensoactivas (mg/L) (laurilsulfato)	≤0,3	Sin espuma persistente
Fenoles (mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH)	≤0,005	≤0,05
Transparencia	2	1
Oxígeno disuelto (porcentaje saturación)	80-120	-
Residuos alquitranados y materias flotantes	Ausencia	-

Tabla 52. Valores Guía e Indicativos de la calidad de las aguas de baño según la Directiva 76/160

La Figura 106 muestra el estado de las aguas para baño de acuerdo con las directrices marcadas en la Directiva 76/160/CEE. Es conveniente resaltar la diferencia de criterios utilizados para cada país en la asignación a los tres niveles de calidad que, por razones de homogeneidad, se han mostrado en el mapa.



Nota: Los datos de Francia corresponden a la campaña de 1998.

Figura 106 . Calidad de las aguas para baño en los países de la UE Mediterránea. Fuente: CE, 1999c.

En Portugal, el análisis de las aguas para baño en los ríos y lagos se ha efectuado en 37 lugares. En general se puede decir que el agua es de calidad aceptable en un 59% de los sitios, con un 19 % de las muestras con buena calidad.

En España los planes hidrológicos de cuenca recogen aquellos tramos de río o de embalse que las Comunidades Autónomas han declarado como zonas de baño, asumiendo como objetivos de calidad en ellas lo que a tal efecto dictamina la Directiva 76/160/CEE en su Anejo. Para caracterizar las aguas desde este punto de vista, el Ministerio de Sanidad y Consumo elabora y remite a la Comisión Europea un informe anual de síntesis de la calidad de aguas de baño en España, en el que se reflejan las características más relevantes de la vigilancia sanitaria que de tales aguas realizan las Comunidades Autónomas.

En 1997 se analizaron un total de 248 puntos en aguas continentales, localizados en 220 municipios españoles en los que se registran un total de 202 zonas de baño. De los resultados obtenidos, un 75% de ellos pueden clasificarse como aguas de calidad buena a aceptable y un 25% de las aguas no serían aptas para el baño según la mencionada Directiva. Las aguas de mejor calidad se encuentran en Castilla-La Mancha y las de peor en Andalucía. En 1999 se han analizado un total de 213 muestras, de las cuales un 44% tienen una calidad aceptable y un 32% de buena calidad.

En Francia, la competencia del muestreo de las aguas para baño corresponde a los servicios sanitarios departamentales del Ministerio de Sanidad. Los puntos de muestreo en aguas continentales analizados en 1992 fueron un total de 1.649 localizados en 90 Departamentos, en los que se tomaron una media de 10.335 muestras durante el año. De los resultados obtenidos, un 27% puede clasificarse como aguas de buena calidad y un 56% como de calidad aceptable. En 1998 se analizó la calidad en 1553 sitios, de los que un 59% resultaron aguas de calidad buena y un 32% de calidad aceptable.

En Italia se analizaron en 1999 un total de 724 muestras, con un 74% de calidad buena y un 21% de calidad aceptable. En Grecia, se realizaron análisis en 4 lugares, 3 de los cuales arrojaron los resultados correspondientes a calidad aceptable y 1 de ellos con calidad buena.

La propuesta de la Directiva Marco de Aguas incluye en el registro de zonas protegidas a las destinadas para baño, las cuales deberán quedar definidas como tales en cada demarcación hidrográfica.

#### *6.4.4 La vida piscícola*

La calidad del agua en los ríos y su aptitud para soportar la vida de los peces viene definida en la Directiva 78/659/CEE, relativa a la calidad de las aguas continentales para la vida piscícola.

Esta directiva clasifica las aguas en los distintos tramos analizados como aptas para la vida de los salmónidos (aguas salmonícolas) o de los ciprínidos (aguas ciprínícolas), según los valores de los 17 parámetros contemplados en la misma y que se refieren a características físicoquímicas y orgánicas del agua (Tabla 53).

	Aguas Salmonícolas		Aguas Ciprinícolas	
	Guía	Imperativo	Guía	Imperativo
Temperatura °C				
Incremento de temperatura máxima en zonas de vertidos	-	1,5	-	3
Máxima temperatura del agua	-	21,5 (o)	-	28 (o)
Máxima temperatura agua durante la reproducción de especies	-	10 (o)	-	10 (o)
Oxígeno disuelto (mg/L)	50%≥9 100%≥7	50%≥9	50%≥8 100%≥5	50%≥7
pH	-	6-9 (o)	-	6-9 (o)
Materia en suspensión (mg/L)	≤25 (0)	-	≤25 (0)	-
DBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	≤3	-	≤6	-
Nitritos (mg/L)	<0,01	-	<0,03	-
Fenoles	-	-	-	-
Hidrocarburos	-	-	-	-
Amoníaco no ionizado (mg/L NH <sub>3</sub> )	≤0,005	≤0,025	≤0,005	≤0,025
Amonio total (mg/L NH <sub>4</sub> )	≤0,04	≤1	≤0,2	≤1
Cloro residual (mg/L HO Cl)	-	≤0,005	-	≤0,005
Cobre Soluble (mg/L)	≤0,04	-	≤0,04	-
Cinc total (mg/L)	-	≤0,3	-	≤1,0

Tabla 53. Resumen de condiciones de la Directiva 78/659, de aptitud para la vida de los peces. Tomado de MIMAM(1998).

Notas:(o) significa que esos valores podrán superarse en el caso de situaciones excepcionales (sequías, inundaciones, etc). En la Directiva se establecen valores de cobre y cinc variables según la dureza (Anexo II)

En España, como se deriva del reparto competencial existente, las Administraciones Autonómicas poseen amplias competencias sobre pesca y medio ambiente, por lo que sobre tales materias las diferentes Comunidades Autónomas han desarrollado normativas que, por entrar en el ámbito de las leyes de protección de la naturaleza, pueden ser de obligado cumplimiento en lo referente a la calidad de los ríos en los tramos declarados de especial protección. Los Planes Hidrológicos de cuenca recogen los tramos que las Administraciones competentes declaran como de tipo salmonícola o ciprinícola y contienen las medidas oportunas para alcanzar como mínimo los requisitos de calidad. En relación con esta directiva el Estado español ha delimitado un total de 140 zonas para la vida piscícola, distribuidas por todas las cuencas, siendo en los ríos del Norte donde la aptitud resulta mayor y el número de zonas declaradas es más elevado.

## 7 POLÍTICAS DEL AGUA Y ESTRATEGIAS DE RESPUESTA

### 7.1 Fundamentos básicos

#### 7.1.1 *El agua como soporte de vida*

Aunque las funciones del agua más obvias son aquellas que se refieren a su posibilidad de utilización por la humanidad para distintos usos directos (beber,

regar, bañarse...), estas funciones no agotan otras funcionalidades, quizá menos perceptibles, pero que resultan ser tan importantes o más que las primeras. Es el caso de las funciones ambientales (soporte de ecosistemas, receptor de residuos...) o de otras funciones no estrictamente utilitarias y asociadas al recreo, la contemplación del paisaje, etc (MIMAM, 1998).

La importancia de estas funciones ambientales y de otro tipo de funciones no estrictamente utilitarias está cada vez más presente en las sociedades modernas. Una muestra de ello es la reserva cautelar del 20% del recurso natural que se propone en el Libro Blanco del Agua en España (MIMAM, 1998) para cumplir los requerimientos previos de carácter ambiental y para cubrir las posibles incertidumbres en la estimación de los recursos.

En la Directiva Marco del Agua de la UE se entiende por *estado ecológico una expresión de la calidad de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales*. Considera que las aguas presentan un buen estado cuando los valores de los elementos de calidad biológica para las masas de agua muestran bajos niveles de distorsión resultante de la actividad humana y se desvían sólo ligeramente de los valores asociados a masas de agua en condiciones no alteradas.

Es evidente que los ríos no deberían secarse ni tener sus regímenes físicos alterados hasta tal punto que perdiesen sus funciones hidrológicas y ecológicas. Este buen estado ecológico de los ríos es más difícil de conseguir en las zonas semiáridas, como consecuencia de la escasez y de la alta variabilidad temporal de los recursos.

### *7.1.2 Uso racional y desarrollo sostenible*

La gestión del agua en los países mediterráneos de la UE debe basarse en los principios que emanan de la Unión. El V Programa Medio ambiental señala la necesidad de afianzar el diseño de lo que se ha llamado *desarrollo sostenible*.

El concepto de desarrollo sostenible ha ido evolucionando a lo largo de los años. En un principio se entendía como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer a que las generaciones futuras satisfagan sus propias necesidades. Sin embargo, según la definición del Informe Brutland de las Naciones Unidas (ONU, 1987), *el desarrollo sostenible incluye no solo un desarrollo económico respetuoso con el medio ambiente y que conserve para las generaciones futuras los recursos actuales, sino también un desarrollo territorial equilibrado*.

En 1992, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en Río de Janeiro aprobó la denominada Agenda 21 (agenda para el siglo XXI), que supuso un diagnóstico completo de los problemas más importantes que a escala global afectaban al medio ambiente. Es

a partir de este momento cuando el concepto de desarrollo sostenible empieza a considerarse de una forma amplia fuera de los círculos especializados.

En 1997, la Sesión Especial de la Asamblea General de la ONU, que trató las cuestiones relativas al desarrollo sostenible, realizó un llamamiento para una acción urgente en el campo del agua, fruto del cual y tras un largo proceso de preparación, tuvo lugar la VI Reunión de la Comisión Especial de Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible, celebrada en Nueva York en abril de 1998, en la que se establecieron las bases para la política del agua del siglo XXI. Según lo establecido en esta Conferencia, para que el desarrollo sostenible se convierta en una realidad debe satisfacer las pretensiones de los individuos en, al menos, tres esferas que ya habían sido apuntadas por el informe Brundtland: económica, social y ecológica (Menéndez, 2000).

El desarrollo sostenible en el campo de los recursos hídricos va a requerir básicamente dos condiciones. Por una parte que se preserven la diversidad de los ecosistemas acuáticos y el mantenimiento de la riqueza de las especies y, por otra, que no se produzca una pérdida de las funciones potenciales del recurso para satisfacer la demanda, evitando situaciones de sobreexplotación.

La consecuencia de estos objetivos debe tener en cuenta las tres dimensiones antes mencionadas: ecológica, social y económica, para cada una de las cuales se apuntan una serie de principios encaminados a la gestión sostenible de los recursos hídricos (Falkenmarck et al, 1999):

#### Dimensión ecológica

- ❑ Los bienes medioambientales deben incrementarse o, al menos, permanecer constantes.
- ❑ El uso inevitable de recursos no renovables (reservas de los acuíferos) debe minimizarse y en cualquier caso gestionarse de la forma más eficiente posible.
- ❑ La biodiversidad debe ser conservada o incrementada
- ❑ La protección medioambiental debe considerarse como una parte integral del proceso de desarrollo y no de forma aislada o como medida correctora a posteriori.

#### Dimensión social

- ❑ Un deber del ser humano es proteger otras formas de vida y el patrimonio cultural heredado de otras generaciones
- ❑ Los procesos de decisión y la información medioambiental deben ser totalmente asequibles al público en general.
- ❑ Debe fomentarse la participación pública

#### Dimensión económica

- ❑ La política económica debe estar relacionada con la capacidad de absorber impactos de la sociedad y la naturaleza

- Los que realizan el desarrollo deben pagar los costes sociales y medioambientales de los beneficios que disfrutan y de los recursos que utilizan.
- El que contamina paga

Es evidente que la gestión racional del agua en términos de sostenibilidad plantea dificultades específicas. Entre éstas cabe mencionar: la conciencia de que las acciones antrópicas pueden implicar, por primera vez en la historia, cambios irreversibles y a gran escala en el medio natural; el libre acceso, en general, a estos bienes; la adecuada valoración económica de los recursos naturales, así como el elevado grado de incertidumbre existente en muchos de los aspectos involucrados son buenas muestras de dichas dificultades, etc.

Esta preocupación sobre las situaciones de no sostenibilidad hídrica se refleja también en los objetivos y contenidos de los proyectos de investigación y desarrollo que se están realizando en la Unión Europea. Un ejemplo es el proyecto GRAPES (*Groundwater and River Resources Action Programme at a European Scale*) financiado por la DGXII de la Comisión Europea, que tiene como principal objetivo la elaboración de unas *Guías para la gestión sostenible de cuencas alimentadas con aguas subterráneas en Europa* (CE, 1997c) así como mejorar el conocimiento sobre los efectos que el descenso de niveles freáticos tiene en la desecación y degradación de ríos y humedales y los impactos en el medio socioeconómico. Para alcanzar estos objetivos, se han llevado a cabo previamente estudios mediante modelos hidrológicos y de gestión del recurso en distintas cuencas piloto europeas (Acreman, 1999).

## **7.2 Fundamentos ambientales**

### *7.2.1 El impacto medioambiental socialmente aceptable*

Es obvio que la utilización del medio hídrico natural por parte de las actividades económicas, incluso podría decirse que por todas las actividades humanas, lleva siempre aparejado, necesariamente, algún tipo de efecto negativo sobre el medio ambiente. Esta afección puede manifestarse en términos de contaminación o, en general, como un daño ambiental de determinada magnitud e intensidad.

El problema y gran reto en estos momentos, es encontrar el nivel de actividad económica, de producción y en definitiva de crecimiento económico que ocasione un impacto ambiental aceptable por la sociedad. Entre las opciones extremas del desarrollismo o el conservacionismo radicales existirá un punto intermedio que proporcione la mayor utilidad común.

Dada la enorme diversidad que, como ya se ha puesto de manifiesto, caracteriza a los países mediterráneos, en el plano hidrológico, de riqueza ambiental, de rentabilidad económica en la explotación de los recursos hídricos, etc., se



comprende fácilmente que la respuesta a todos estos problemas no es inmediata y que no son posibles soluciones generales ni uniformes para todas las regiones.

Para alcanzar el éxito en esta tarea, es necesario, entre otras actuaciones, realizar correctamente las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA), herramienta que de aplicarse acertadamente puede tener una importancia trascendental. No obstante, hasta que no se disponga de más elementos de juicio que mejoren nuestro nivel actual de información y comprensión de los problemas, la propuesta más plausible consiste en mantener las existencias de capital natural al menos en su nivel actual. El mantenimiento del medio ambiente actual es el único medio del que dispone la sociedad para asegurarse de que su bienestar no reducirá las opciones de las generaciones futuras.

La traducción de esta declaración genérica en pautas concretas sería la siguiente:

- *Utilización de los recursos renovables a ritmos menores o iguales que su regeneración natural.*
- *Optimización del uso de recursos no renovables, sometida a la limitación de garantizar la sustitución de dichos recursos a través del progreso tecnológico.*

### *7.2.2 Zonas de protección especial*

Dentro de lo que podría denominarse medio ambiente hídrico, existen zonas que por sus singulares características requieren algún tipo especial de protección. Entre ellas se encuentran los ríos y acuíferos protegidos, las zonas húmedas o los espacios naturales. Estas zonas cuentan con un marco jurídico de cierta complejidad, fundamentalmente por los diferentes niveles administrativos en que se establece.

Debe destacarse como la Directiva Marco del Agua establece en su artículo 6 que *los Estados miembros velarán para que se establezca uno o más registros de todas las zonas incluidas en cada demarcación hidrográfica que hayan sido declaradas objeto de una protección especial en virtud de una norma comunitaria específica relativa a la protección de sus aguas superficiales o subterráneas o a la conservación de los hábitats y las especies que dependen directamente del agua.*

El registro deberá incluir todas las masas de agua siguientes:

- Masas de agua destinadas al consumo humano que proporcionen un promedio de más de 10 m<sup>3</sup> diarios o que abastezcan a más de 50 personas, así como aquellas destinadas a tal uso en el futuro.
- Zonas designadas para la protección de especies acuáticas importantes desde un punto de vista económico.
- Masas de agua declaradas recreativas, incluidas las declaradas como aguas de baño, según la Directiva 76/160/CEE.

- Zonas sensibles en lo que a nutrientes respecta, incluidas las zonas declaradas vulnerables según la Directiva 91/676/CEE sobre la contaminación por nitratos y las declaradas sensibles en el marco de la Directiva 91/271/CEE de aguas residuales urbanas.
- Zonas designadas para la protección de hábitats o especies cuando el mantenimiento o la mejora del estado de las aguas sea un factor importante de su protección, incluidos los lugares Natura 2000 designados en el marco de la Directiva 92/43/CEE sobre Hábitats, relativa a la conservación de los hábitats naturales y cuyo objetivo fundamental es el mantenimiento de la Biodiversidad, o los espacios que define la Directiva 79/409/CEE relativa a las Aves Silvestres, cuyo objetivo fundamental es la protección de las aves silvestres y sus hábitats a través de un sistema de Zonas de Especial Protección de las Aves (ZEPA).

En el ámbito internacional, se puede reseñar el Convenio de Ramsar de 1971, relativo a humedales de Importancia Internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas. De esta manera muchos países, entre ellos los mediterráneos, tienen protegidos gran parte de sus humedales. Así, a finales de 1998, Portugal había incluido en la lista de humedales de importancia internacional 10 de ellos, España 38, Francia 18, Italia 46 y Grecia 10 (Figura 107).

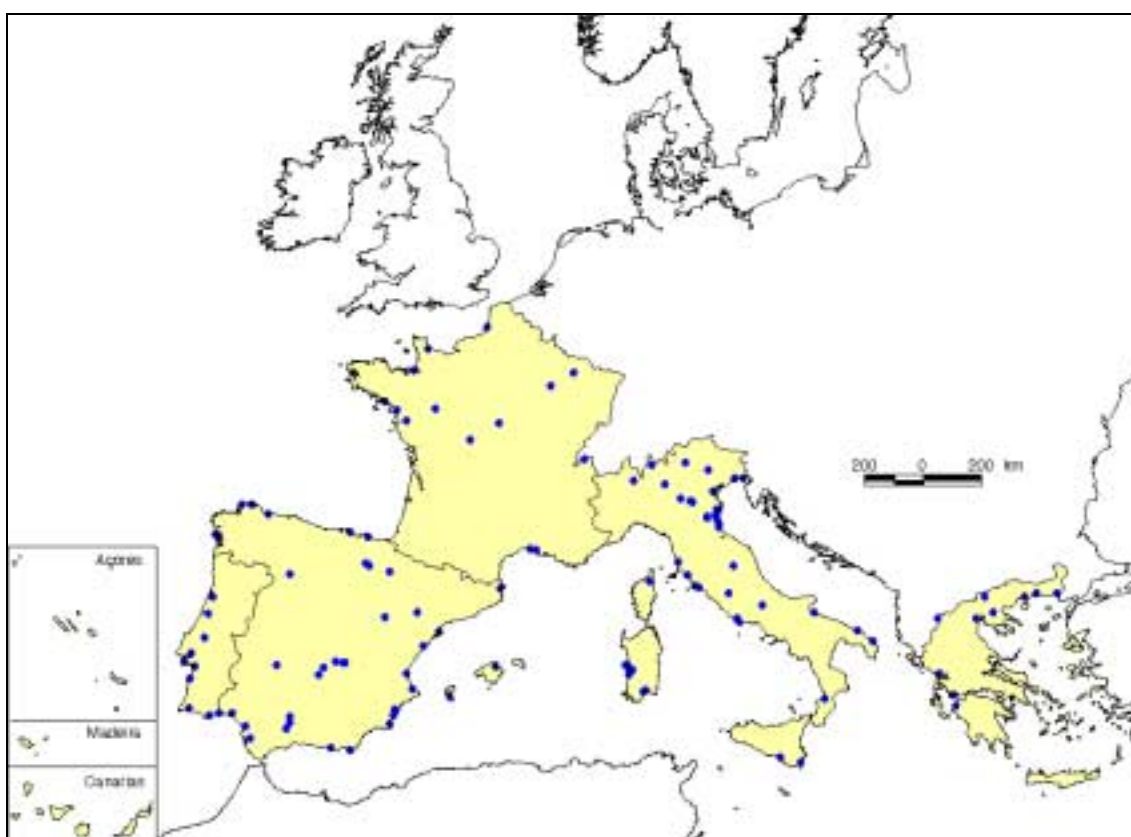


Figura 107. Humedales designados de importancia internacional en la convención RAMSAR.

Fuente: <http://ramsar.org/>

También con carácter internacional cabe mencionar el Convenio de Bonn de 1979, relativo a la Conservación de Especies Migratorias de la Fauna Silvestre; el Convenio de Berna de 1977, relativo a la Conservación de la Vida Silvestre y el Medio Natural en Europa; el Convenio de Biodiversidad, abierto a la firma a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, reunida en Río de Janeiro en junio de 1992; y el Convenio de Barcelona (IV Protocolo) sobre Áreas Especialmente Protegidas del Mediterráneo, cuyos objetivos prioritarios son la protección, preservación y gestión de las zonas de valor natural o cultural especial en zonas costeras de la cuenca del Mediterráneo.

### **7.3 Fundamentos sociales**

#### *7.3.1 El agua como activo social*

El agua se ha venido considerando en muchas regiones, especialmente aquellas donde históricamente han existido problemas derivados de la escasez de recursos, como un recurso especial.

Esto sucede por ejemplo en muchas regiones de los países mediterráneos de la Unión Europea. Los habitantes de estas regiones siempre han percibido que el agua tiene un valor que va más allá del mero beneficio de la actividad económica desarrollada (fundamentalmente la agrícola), un valor vinculado al estilo de vida, a las tradiciones, al sentimiento de una colectividad que comparte valores simbólicos, culturales y emocionales. Es lo que suele llamarse el valor comunitario o valor social del agua (MIMAM, 1998).

#### *7.3.2 El sentido territorial del agua*

El agua ha tenido siempre una vinculación especial con el territorio a través del cual discurre o en el que se encuentra almacenado, y un reconocimiento de esa vinculación son los derechos que las legislaciones de los distintos países otorgan a los propietarios de las fincas. Si en un inicio la percepción de dominio del recurso agua en un territorio tenía un carácter muy local, con el paso del tiempo ha ido ampliando su alcance espacial, y así cada vez ha sido más frecuente el transporte artificial del agua de los ríos o manantiales para su uso. Al crecer los caudales transportados y las distancias recorridas a medida que mejoraba el nivel técnico de la sociedad, los territorios susceptibles de recibir agua se iban alejando de los cursos naturales donde se encontraba el recurso (MIMAM, 1998).

Las actuaciones realizadas para ese transporte del agua han sido con frecuencia motivo de conflictos entre los habitantes de los lugares donde se tomaba el agua y los habitantes que las recibían, y ello estuviesen o no en la misma cuenca hidrográfica. Cuando estas transferencias de agua se plantean entre grandes

cuencas, la eliminación de la barrera física que representa la divisoria de la cuenca y que está culturalmente asumida por la sociedad, produce una fuerte oposición con un importante carácter emocional y simbólico. Por estas razones la posibilidad de realizar trasvases de agua entre grandes cuencas hidrográficas es lo que ha producido, sobre todo en los países donde el recurso es más escaso, grandes discusiones sobre los desequilibrios territoriales relacionados con la disponibilidad y utilización del agua. La realización de estas actuaciones presenta cada vez más una mayor complejidad sobre todo si se tienen en cuenta las implicaciones derivadas de la organización territorial de los Estados, con una estructura cada vez más descentralizada (MIMAM, 1998).

### *7.3.3 La participación de los agentes sociales y el acceso a la información*

La efectividad de las políticas de gestión del agua requiere la participación, en distintos grados, de todos los agentes sociales que se vean afectados por dichas políticas.

La participación de los usuarios en los organismos de gestión del agua no es novedosa. En España, por ejemplo, las Confederaciones Hidrográficas están estructuradas con órganos participativos de gestión (Asambleas de Usuarios, Juntas de Explotación, etc), en los que los usuarios tienen una determinada cuota de participación. Sin embargo, según Llamas (2000) esta participación parece insuficiente, porque por un lado los representantes del sector público tienen clara mayoría y de otro la participación está limitada a usuarios con derechos reconocidos, lo que excluye a los usuarios no consuntivos, como los que tienen intereses conservacionistas o de usos recreativos. Las cuotas de participación están relacionadas con el uso del recurso, lo que da un importante peso a los regantes.

Algunas condiciones que según Acreman (1999) garantizarían la participación efectiva de los agentes implicados en los procesos de toma de decisión en la gestión de las aguas son las siguientes: identificar los grupos de interés; asegurar que la participación es colaborativa, no meramente consultiva; crear un foro para el intercambio de información, expectativas y opiniones; asegurar que todos los agentes estén bien informados durante todas las fases del proceso; y adaptar los programas de participación a las costumbres de los diferentes países.

La Directiva 90/313/CEE del Consejo, de 7 de junio de 1990, sobre libertad de acceso a la información en materia de medio ambiente es una herramienta básica para asegurar el acceso a la información de todos los agentes. La Comisión Europea ha adoptado recientemente una propuesta de Directiva sobre acceso público a la información sobre el medio ambiente, que reemplazará a la anterior y cumplirá un triple propósito:

- corregir las limitaciones prácticas detectadas en la Directiva vigente;
- adaptar la Directiva a la *revolución electrónica* en el campo de la información;
- facilitar la ratificación por la Comunidad Europea del Convenio de Aarhus sobre Acceso a la Información , Participación Pública en la Toma de Decisiones y Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales.

Aún admitiendo las posibles limitaciones en la aplicación de la norma, resulta evidente su importancia para el logro de los objetivos de transparencia y participación de los ciudadanos en una política basada en la responsabilidad compartida. Esa participación constituye un excelente procedimiento para lograr la aceptación de las medidas adoptadas en aplicación de planes y programas, para identificar los problemas técnicos que requieran un análisis más profundo, para detectar una eventual oposición a las iniciativas programadas, y, sobre todo, para saber cual es la posición real de los destinatarios de dichas medidas.

## **7.4 Fundamentos económicos**

### *7.4.1 El principio de recuperación de costes*

Las expectativas de disponer del agua como de un recurso cuasi gratuito y las subvenciones vinculadas a su uso en algunos sectores, están en el origen de gran parte de los problemas actuales relacionados con la utilización del agua y hacen que muchas veces el ahorro no encuentre los suficientes incentivos.

El V Programa de Acción Medio Ambiental de la Comisión Europea presenta un rango de instrumentos políticos que incluyen los instrumentos económicos como una de sus prioridades. Sin embargo, la integración de esta clase de instrumentos en las políticas medio-ambientales es todavía limitada y varía a través de Europa.

En la línea de incrementar la utilización de los instrumentos económicos en la gestión de los recursos hídricos la Directiva Marco del Agua contempla, en su artículo 9, la recuperación de costes de los servicios relacionados con el agua:

*Los Estados miembros tendrán en cuenta el principio de recuperación de costes para los servicios de agua, incluidos los costes ambientales y de regulación, a la vista del análisis económico efectuado con arreglo al anexo III y en particular de conformidad con el principio de quien contamina paga..... Al hacerlo, podrán tener en cuenta los efectos sociales, ambientales y económicos de la recuperación y las condiciones geográficas y climáticas de la región o regiones afectadas.*

La consecuencia más importante de la implantación de este principio es que los subsidios tenderán a desaparecer y los ingresos deberán ser a costa de unas tarifas más altas, que tenderán a reflejar un valor más real del precio del agua. Esto debería dar lugar a unas demandas de agua inferiores. Sin embargo, puede

producir también impactos negativos en algunas regiones donde el agua es crucial para su economía o para el desarrollo social, lo que requerirá estudiar los efectos desde el punto de vista del equilibrio territorial y la competitividad equilibrada de las regiones.

Un estudio llevado a cabo (PLANISTAT, 1998) por la Comisión Europea muestra la situación actual de los precios del agua en cuatro cuencas europeas y cuáles son los principales obstáculos para la implementación del principio de recuperación de los costes. Entre estas cuencas se encuentran la del Adour-Garonne en Francia y la del Henares en España. En la cuenca francesa del Adour-Garonne el suministro urbano de agua potable prácticamente se autofinancia en su totalidad, mientras que la tarifa del agua para el riego sólo cubre entre el 30 y 40% del coste total del servicio. En la cuenca alta del Henares en España se obtuvieron tasas de recuperación de costes del orden del 46% en la agricultura y del 58% en el uso urbano. En las cuencas media y baja de este río las tasas eran significativamente más elevadas, alcanzándose incluso tasas próximas al 100% (EEA, 1999b).

#### *7.4.2 Los precios del agua*

En la actualidad, en la mayoría de los países mediterráneos la estructura de precios del agua está evolucionando hacia la introducción de precios que tengan en cuenta los volúmenes de agua utilizados, la reducción de los subsidios y el incremento en el uso de instrumentos económicos (tasas por la detracción y contaminación, costes ambientales, etc).

Ejemplos de estas tendencias son los cambios que se están produciendo en el marco legal de algunos países. En España la Ley 46/1999, que modifica la Ley de Aguas de 1985, facilita la aplicación del régimen económico-financiero de la vigente ley asegurando que no se producen situaciones generalizadas de incumplimiento y mejorando la regulación en algunos aspectos puntuales que considera necesarios. La Ley Galli de 1994 en Italia dice que deben recuperarse los costes de retorno de la inversión de capital y los costes de operación y mantenimiento. La Ley 3/92 de 1992 en Francia permite la introducción progresiva de cambios en la estructura de los precios y propugna que exista una relación directa entre el volumen de agua consumido y el precio del agua.

Conviene a continuación revisar con algo más de detalle las políticas en los precios del agua en los distintos sectores: agrario, urbano e industrial.

En el sector agrario las políticas de precios del agua a menudo derivan de políticas más generales (desarrollo económico y social en áreas rurales), hecho que debe tenerse en cuenta al comparar las políticas de precios entre países o regiones (ver Tabla 54).

País	Derechos del agua	Precios del agua	Otros instrumentos económicos
Portugal	Aguas superficiales: derechos públicos y privados	Los precios del agua para uso agrícola se establecen por las asociaciones de usuarios. Desde 1999 toda el agua concedida esta sujeta a un canon, que depende de la cantidad de agua utilizada, de los retornos generados por cada tipo de usuario y de la escasez relativa del agua de la región.  En la práctica el usuario paga los costes de explotación y mantenimiento corrientes, mientras que las grandes reparaciones están subsidiadas por el Estado (Serra, 2000).	Políticas agrícolas, desarrollo rural.
España	Aguas superficiales: concesión Aguas subterráneas: concesión, derecho privado	El precio del agua para regadío tiene dos componentes: el canon de regulación (para cubrir las inversiones de capital en obras hidráulicas) y las tarifas, para recuperar la inversión hecha por el Estado en las redes de riego y cubrir los costes operacionales y de mantenimiento del almacenamiento y transporte. Los organismos de cuenca están a cargo de los precios.	Cesión de derechos
Italia	Aguas superficiales: concesión	Los organismos gestores del regadío son responsables de los proyectos de riego.	Cuotas. Precios progresivos en el Sur del país.
Grecia	Aguas superficiales: derechos del usuario Aguas subterráneas: concesión	Los precios del agua se definen mediante acuerdos entre los territorios locales, los organismos gestores y los suministradores privados. Las tarifas del agua dependen, en general, de los costes de la detracción.	Políticas agrícolas, otras políticas de desarrollo rural

Tabla 54. Políticas de precios del agua para la agricultura en algunos países mediterráneos (Fuentes: OECD,1999, Serra, 2000)

La mayoría de las tarifas del agua en la agricultura distinguen entre dos componentes, una relacionada con el recurso hídrico y otra que cubre parte o todo el coste del suministro de agua. El objetivo de la primera componente de la tarifa es racionar el uso del agua (especialmente si es escasa), mientras que el objetivo de la segunda es garantizar que el sistema de suministro es financieramente auto-suficiente. Sin embargo, únicamente en las regiones donde el agua es escasa y como consecuencia, donde ésta toma el valor de una mercancía, es donde las tarifas del agua tienden a reflejar sus valores de escasez, además de los costes de suministro (OECD, 1999).

En el sector urbano se tiende a que el usuario pague los costes de suministro y depuración de las aguas. En Portugal, por ejemplo, los servicios de agua para consumo humano y los de recogida y tratamiento de las aguas residuales urbanas los pagan los consumidores, que en la generalidad de los casos soportan todos los costes que no hayan sido objeto de subsidio inicial (de fondos europeos estructurales o de cohesión), es decir, los de construcción parcialmente y los de mantenimiento y explotación en la totalidad (Serra, 2000).

En los últimos años la composición de la factura del agua para uso urbano ha dependido en gran medida de la evolución de las políticas europeas,

especialmente de la implementación de la Directiva 91/271 sobre Depuración de Aguas Residuales Urbanas y la Directiva 98/15 que la modifica.

Si se analiza la evolución de la estructura de la tarifa del agua para uso urbano en Francia (Tabla 55), se observa que la cantidad que representa el concepto del *canon por emisión de contaminante* se ha duplicado prácticamente desde 1991 a 1997, mientras que la del de *distribución del agua* sólo se ha incrementado ligeramente.

Conceptos	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Distribución de agua	654	685	731	765	793	822	842
Canon por detracción	12	18	20	26	31	32	33
Recogida y tratamiento de aguas residuales	389	424	477	525	555	585	614
Canon por emisión de contaminante	83	134	165	220	253	284	291
Otros tasas	91	107	130	153	167	187	194
Total	1,229	1,368	1,523	1,689	1,799	1,910	1,974

Tabla 55. Estructura de la factura del agua en Francia (FFr). (factura media para un consumo de 120 m<sup>3</sup>/(vivienda.año). Fuente: FT Newsletters, 1999

Los tipos más extendidos de estructura de tarifas son: tarifa lineal, tarifa volumétrica (uniforme), tarifa volumétrica (con dos bloques suma de tarifa lineal y volumétrica) y tarifa de bloques, siendo este último tipo frecuente en Italia, Portugal y España.

El sector industrial utiliza dos tipos de precios dependiendo del origen del agua consumida, si es agua extraída directamente o si se toma de la red urbana. En general, es más barato para las industrias invertir en la detracción directa y en equipamientos para el tratamiento que pagar directamente a la compañía suministradora a través de la red urbana. Es difícil encontrar información sobre la estructura de las tarifas para uso industrial. En algunos países como Francia, hay acuerdos directos entre los suministradores y las industrias. En general, los precios de agua para la industria tienden a ser más bajos que los del agua utilizada para consumo doméstico.

#### 7.4.3 La participación social en la financiación de la accesibilidad al uso del agua

La incorporación del sector privado a la financiación de infraestructuras es un supuesto básico para la salud técnica, económica y financiera de las inversiones, especialmente en aquellos casos en que existen beneficiarios particulares e individualizados de las mismas.

Cabe destacar los instrumentos de financiación extrapresupuestaria diseñados en la Ley 13/1996 en España, que permiten garantizar a todos los sectores que ninguna iniciativa que reporte beneficios en cantidad suficiente y cumpla las condiciones fijadas por la Administración hidráulica quedará cercenada,



aunque no cuente con la atención y el respaldo económico de ésta. Adicionalmente, su ventaja más inmediata es que contribuye a generar recursos financieros en un contexto en que los recursos presupuestarios están y estarán sometidos en el futuro próximo, a fuertes restricciones.

Conviene mencionar la reciente creación en algunas cuencas hidrográficas españolas de lo que se denomina *Sociedades Estatales de Agua, que son empresas públicas que tienen como objetivo sumar esfuerzos y conseguir que, a las aportaciones públicas, se unan aportaciones privadas para así ampliar el volumen de inversión*. Tradicionalmente, el Estado venía actuando como un banco que realizaba las obras con sus presupuestos y que recuperaba la inversión a través de un canon que pagaban los usuarios. Con estas sociedades el modelo de financiación cambia. El Estado aporta un porcentaje de recursos financieros a las sociedades (del orden del 50% en las sociedades creadas) y el resto es financiado por los usuarios. Con este modelo los usuarios se convierten en protagonistas, adquiriendo poder de decisión a la vez que responsabilidad para que se realicen las obras (Sancho, 1999).

## **7.5 Fundamentos legales: La nueva Directiva Marco del Agua**

En el capítulo 4 se hizo una descripción con cierto detalle de los principios básicos que sustentan la Directiva Marco del Agua y un análisis comparativo con las legislaciones nacionales. A continuación se describen algunos de los principales efectos que ésta puede tener en las políticas del agua de los países mediterráneos.

La Directiva Marco abarca no sólo las aguas continentales sino también las aguas costeras y el mar territorial y establece el concepto de demarcación hidrográfica como elemento unitario básico de gestión. Esta inclusión de las aguas costeras en la demarcación hidrográfica obligará a introducir en los ordenamientos jurídicos nacionales, como dicen Barreira y Sánchez Ulloa (2000) para el caso de España, el concepto de demarcación hidrográfica, cuyo ámbito se extiende al régimen del dominio público marítimo terrestre previsto en la Ley 227/1998 de 28 de julio, de Costas.

La definición del estado ecológico reflejada en la Directiva es clara, pero su medida es algo más compleja y requerirá la implantación de redes de medida de parámetros biológicos, hidromorfológicos y físico-químicos. Si bien es habitual que esta última haya sido desarrollada en mayor o menor grado en todos los Estados miembros, no sucede lo mismo con las de los parámetros biológicos e hidromorfológicos, hasta ahora casi inexistentes en la mayoría de los países.

Una de las innovaciones de la Directiva es que la gestión de los ríos y lagos deberá realizarse por cuencas hidrográficas en lugar de por límites administrativos (Blöch, 2000). Aunque varios Estados miembros de la UE

utilizan este enfoque, no es el caso de todos los países estudiados, como por ejemplo, Portugal.

También algunos países, como España, están en este momento inmersos en un importante proceso de planificación hidrológica, habiéndose elaborado ya los planes de cuenca y estando en su fase final el Plan Hidrológico Nacional. Estos trabajos pueden ser muy valiosos como referencia en el proceso de planificación que comienza en la UE.

Uno de los aspectos más innovadores de la Directiva es la introducción de los precios. A los Estados miembros se les pide que el precio que se cobra a los usuarios tienda a reflejar los costes reales. Mientras que este principio tiene una gran tradición en algunos países, no sucede lo mismo en otros, fundamentalmente en los mediterráneos (Blöch, 2000). La consideración de este aspecto obligará a internalizar los costes del agua estimados mediante los análisis económicos, exigidos en los Planes de Gestión de las cuencas.

La Directiva propone una serie de medidas relativas a la recogida de datos, intercambio de información, elaboración de informes periódicos a la Comisión, etc, en los que se ponga de manifiesto el cumplimiento de la Directiva. Todas estas medidas y peticiones de datos seguramente obligarán a los Estados miembros a mejorar o al menos adaptar sus sistemas de información sobre el agua.

La Directiva dice que *en el caso de las cuencas fluviales de carácter internacional, deberá darse prioridad al mantenimiento de las estructuras resultantes de los convenios internacionales*. Esto significaría que en el caso de la Península Ibérica debería darse prioridad a las estructuras resultantes del *Convenio sobre Cooperación para la Protección y Aprovechamiento Sostenible de las Aguas de las Cuencas Hidrográficas Hispano-Portuguesas de 1998*.

También merece la pena resaltar un aspecto importante para los países mediterráneos y es el reconocimiento como estados carenciales de las sequías y las inundaciones, causas que dificultan el cumplimiento de algunos objetivos de la Directiva.

Es evidente las importantes dificultades que la Directiva Marco va a añadir a la gestión del agua en la región mediterránea, al ser el principal objetivo de la misma la protección de las aguas y su uso sostenible y al tener los problemas de sequías e inundaciones, tan acuciantes para las regiones mediterráneas, un carácter secundario, de excepción a la norma.

En la Directiva no aparecen referenciadas las zonas áridas y semiáridas como tales, a pesar de que había sido anteriormente planteada su inclusión, por cuanto incide en la gestión de los recursos en la zona mediterránea. Asimismo, en los considerandos se incide en la necesidad de una mayor integración de la

protección de las aguas en otros ámbitos políticos comunitarios, como el turismo.

Finalmente, en la Tabla 56 se resumen las principales actividades y plazos de cumplimiento que se indican en la Directiva Marco.

Actividad	Agente	Plazo (años)
Medidas para prevenir y controlar la contaminación de las aguas subterráneas	Comisión Europea	2
Características de las cuencas, impactos y análisis económicos	Estados Miembros	4
Definición de áreas de especial protección	Estados Miembros	5
Programas de redes de medida	Estados Miembros	6
Publicación de los planes de cuenca	Estados Miembros	9
Control de las emisiones	Estados Miembros	13
Revisión de los Planes de cuenca	Estados Miembros	15
Consecución del buen estado de las aguas	Estados Miembros	15

Tabla 56. Actividades y plazos reflejados en la Directiva Marco del Agua

## 7.6 Relación con otras políticas

### 7.6.1 Las políticas de medio ambiente

Las preocupaciones sobre el estado del medio ambiente en el mundo expresadas en la Conferencia de la ONU de 1972 en Estocolmo, así como en el informe Brutland (ONU, 1987) de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo, se han visto reflejadas y profundizadas en los Tratados fundacionales de la Unión Europea.

En el Acta Única (1986-87) se consagra por primera vez un Título, el VII, al Medio Ambiente, donde por ejemplo en su artículo 130-R se especifica *Las exigencias de la protección del Medio Ambiente serán una competencia de las demás políticas comunitarias*. El Tratado de la Unión Europea de Maastricht, en su artículo 2 dice *La Comunidad tiene por misión....promover un desarrollo armonioso y equilibrado de las actividades económicas en el conjunto de la Comunidad, un crecimiento durable y no inflacionista respetando el Medio Ambiente*, mientras que en el artículo 130-R profundiza lo reflejado en el Acta Única al decir que *Las exigencias de la protección del Medio Ambiente deben integrarse en la definición y realización de las otras políticas de la Comunidad*. Con el Tratado de Amsterdam de 1997, se consagra como uno de los objetivos fundamentales de la Comunidad Europea el logro de un desarrollo equilibrado y sostenible. En el artículo 2 del Tratado se destaca la importancia de la protección del medio ambiente y la mejora de la calidad del mismo como misiones de la Comunidad. Se crea un nuevo artículo retomando el concepto fundamental del antiguo artículo 130-R y estableciendo que *Las exigencias de la protección del Medio Ambiente deberán integrarse en la definición y en la realización de las políticas y acciones de la Comunidad a que se refiere el artículo 3, en particular con objeto de fomentar un desarrollo sostenible*. Mantiene el Título XIX, dedicado al Medio Ambiente.

La política de la UE en materia de Medio Ambiente viene reflejada en el V Programa de Acción Medio Ambiental de la Comisión Europea (aprobado por una resolución del Consejo en el año 1993 y actualmente en vigor), que establece las bases de un nuevo modelo de desarrollo y considera que sólo mediante la incidencia en la realidad económico-social de los países y de los ciudadanos se puede llegar a una sociedad cuya calidad de vida permita lograr este tipo de modelo a las sociedades futuras. Así, incidiendo en la consideración horizontal del Medio Ambiente, no tratado como un sector específico, sino como parte integrante de los distintos sectores de actividad, prioriza las actuaciones de aquellos sectores cuya incidencia considera más significativa en el actual desarrollo, a saber, Industria, Energía, Transporte, Agricultura y Turismo.

El programa tiene, como objetivos generales, el mantener la calidad global de la vida y la continuidad en el acceso a los recursos naturales, el evitar daños medioambientales duraderos y la necesidad de afianzar el desarrollo sostenible.

En relación con los aspectos cuantitativos de los recursos hídricos, el V Programa tiene como objetivos específicos la integración de los criterios de uso sostenible y conservación de los recursos superficiales y subterráneos en otras políticas: las de agricultura, ordenación del territorio e industria. En cuanto a los aspectos relacionados con la calidad, los objetivos específicos del V Programa son: buscar una mejor calidad ecológica de las aguas superficiales, examinar la necesidad de una directiva para reducir los fosfatos, elaborar unos estándares de emisión específicos que favorezcan el desarrollo de procesos que prevengan los efectos negativos sobre el agua y establecer propuestas para la limitación y reemplazamiento progresivo de los plaguicidas dañinos (EEA, 1998).

Entre las acciones logradas por el V Programa cabe mencionar, entre otras (EEA, 1998): la adopción por parte de la Comisión Europea de una propuesta para un Programa de Acción para la Protección y Gestión Integrada de las Aguas Subterráneas, la aprobación de la Directiva Marco de Agua, la incorporación de propuestas sobre la calidad ecológica de las aguas superficiales en esta directiva, los trabajos de revisión de la Directiva 76/160/CEE de calidad de las aguas de baño y la adopción de la Directiva 96/61/CE sobre la prevención y control integrado de la contaminación.

Dentro de las más de 200 normas elaboradas y vigentes en materia de Medio Ambiente son de interés fundamental los Reglamentos y Directivas, cuyo cumplimiento es obligatorio por aplicación directa o por trasposición a la legislación nacional y que han sido aprobadas por la totalidad de los países de la Unión.

Algunas de las normas relacionadas con el agua y cuya incidencia puede ser fundamental para la integración del Medio Ambiente en el proceso de desarrollo de los países son las siguientes:

- Directiva 85/337/CEE, modificada por la Directiva 97/11/CE relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el Medio Ambiente. Esta Directiva, considerada como un instrumento de planificación económica y territorial puede servir para implantar una visión global e integrada del desarrollo.
- Directiva 90/313/CEE sobre libertad de acceso a la información en materia de medio ambiente, que acerca al ciudadano a un mejor conocimiento de las decisiones que afectan a su vida diaria, fomentando su participación en el proceso de decisión.
- Directiva 96/61/CE, relativa a la prevención y control integrado de la contaminación, que se puede considerar como un medio eficaz de transformación y mejora de los procesos productivos y mejora de tecnologías.

El Consejo Europeo de Ministros de Medio Ambiente ha fijado ya los principios y prioridades del Sexto Programa de Acción en materia de Medio Ambiente. Su actuación se prolongará durante diez años y entre sus prioridades se encuentran la integración de los criterios ambientales en otras políticas comunitarias, así como abordar nuevos problemas y romper la relación entre el crecimiento económico y el deterioro ambiental. Se destacan los problemas relacionados con el cambio climático, la biodiversidad, el uso y gestión eficiente de los recursos naturales, la gestión de residuos, la seguridad medioambiental, la degradación de los suelos, etc.

### *7.6.2 Las iniciativas comunitarias en materia de ordenación y desarrollo territorial*

La dimensión espacial juega un papel cada vez mayor en la concepción y aplicación de las políticas nacionales y comunitarias. Estas políticas deben contribuir a un desarrollo equilibrado y en armonía del territorio europeo, respetando los objetivos de la cohesión social y económica, la competitividad y la sostenibilidad (CE, 1997b).

Dentro de las iniciativas comunitarias en materia de Ordenación y Desarrollo Territorial cabe destacar la ETE (Estrategia Territorial Europea), cuya versión definitiva fue discutida y aprobada por los ministros responsables de Ordenación del Territorio de la UE, la Comisión Europea, los representantes del Parlamento Europeo, el Comité de las Regiones y el Comité Económico y Social en mayo de 1999.

Los objetivos de la ETE se dirigen hacia un sistema de ciudades policéntrico y más equilibrado con una nueva relación de lo urbano y lo rural; la igualdad de

acceso a las infraestructuras y al conocimiento; y un desarrollo y gestión prudente del patrimonio natural y cultural de Europa. Dentro de este último objetivo de la ETE, cabe destacar la línea de la *gestión de los recursos hídricos*, donde se dice que las *demandas de aguas continúan en aumento, especialmente como resultado del consumo doméstico, la agricultura y el turismo, y que el problema es especialmente agudo en las áreas secas mediterráneas*. En este mismo sentido, la Dirección General de Política Regional (DGXVI) de la Comisión Europea ha puesto en marcha iniciativas para luchar contra la sequía, tales como el paquete espacial que existe dentro de INTERREG II-C.

Dentro de la línea mencionada de *gestión de los recursos hídricos*, las opciones de políticas que plantea ETE son:

- Mejora del equilibrio entre el suministro y la demanda de agua, en particular en las zonas expuestas al riesgo de sequía. Desarrollo y aplicación de instrumentos económicos para la gestión del agua, incluida la promoción de métodos de explotación agraria y de tecnologías de riego que reduzcan el uso de recursos hídricos en las regiones que sufren escasez de agua.
- Fomento de la cooperación transnacional e interregional con la aplicación de estrategias integradas para la gestión de los recursos hídricos, incluyendo los grandes acuíferos subterráneos, en particular en las regiones amenazadas de sequía o inundaciones, así como en las regiones costeras.
- Conservación y recuperación de las zonas húmedas amenazadas por una extracción de agua excesiva o por la desviación de sus afluentes.
- Gestión concertada de los mares, en particular conservación y recuperación de los ecosistemas marinos amenazados.
- Refuerzo de la responsabilidad de las regiones en la gestión de los recursos hídricos.
- Aplicación de estudios de impacto ambiental y territorial para todos los proyectos de gestión hídrica de gran envergadura.

Como se desprende de las acciones anteriores, la política comunitaria en el desarrollo espacial está incidiendo de lleno en los problemas del agua más característicos de los países mediterráneos.

### *7.6.3 Las políticas de cohesión económica y social*

En Marzo de 1999, los Jefes de Estado y de Gobierno decidieron dedicar 260.000 millones de euros a las medidas estructurales de la Unión entre los años 2000 y 2006 como una de las formas de lograr la cohesión económica y social en los Estados miembros. De esa suma se destinan 213.000 millones de euros a intervenciones de los Fondos Estructurales (195.000 millones) y del Fondo de Cohesión (18.000 millones), mientras que a los países candidatos a integrarse en la UE se destinan a 47.000 millones (CE, 1999).

Los Fondos Estructurales financiarán programas de desarrollo socioeconómico, caracterizándose su acción por una mayor concentración (geográfica y financiera), una gestión más descentralizada, la búsqueda de una eficacia mayor y controles reforzados. El Fondo de Cohesión financiará proyectos relacionados con el medio ambiente y las infraestructuras de transporte en los Estados miembros cuyo Producto Nacional Bruto (PNB) per cápita sea inferior al 90% de la media de la Unión (CE, 1999).

El objetivo de conseguir la cohesión económica y social mediante un desarrollo equilibrado de las regiones se alcanza en parte a través de la canalización de la ayuda financiera a las regiones más desfavorecidas, de forma que las más retrasadas compensen sus desventajas estructurales. Esta financiación se concede mediante cuatro Fondos Estructurales interrelacionados (UE, 2000):

- El Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) limitado a las regiones más desfavorecidas de la UE, se concentra principalmente en la inversión productiva, las infraestructuras, el desarrollo local y la asistencia a las PYME.
- El Fondo Social Europeo (FSE) se concentra en la formación profesional y ayuda al empleo
- La Sección de Orientación del Fondo Europeo de Garantía Agrícola (FEOGA) financia las estructuras agrícolas y el desarrollo rural.
- El Instrumento Financiero de Orientación de la Pesca (IFOP) financia la adaptación del sector pesquero.

La Comisión Europea ha aprobado unas directrices para las intervenciones de los Fondos Estructurales en el próximo periodo de programación (2000-2006) que identifican tres prioridades estratégicas: la competitividad regional, la estrategia europea para el empleo y el desarrollo urbano y rural equilibrado. Al mismo tiempo esas directrices identifican el desarrollo sostenible y la igualdad de oportunidades como principios fundamentales del nuevo periodo de programación (UE, 2000).

Dentro de la estrategia de la competitividad regional, los Fondos Estructurales pueden desempeñar un papel importante mejorando las infraestructuras medioambientales y contribuyendo al cumplimiento de las normas medioambientales comunitarias, en particular en materia de gestión del agua y de los residuos. En el caso del agua las prioridades son (UE, 2000):

- garantizar el suministro de cantidades suficientes de agua potable con un desperdicio mínimo, así como sistemas eficaces para la recogida, depuración y evacuación de aguas residuales urbanas.
- desarrollar una tarificación que refleje el auténtico valor del agua como recurso y aplicar el principio de *quien contamina paga* en el funcionamiento de los fondos.

Conviene mencionar que la Comisión tiene previsto presentar un marco para la aplicación del principio *quien contamina paga*. Esto se llevará a cabo mediante la diferenciación de los porcentajes de ayuda para las diversas formas de operaciones de infraestructura financiadas por los Fondos Estructurales y de Cohesión (UE, 2000).

El reparto indicativo de los créditos en millones de euros (precios de 1999) para los países estudiados en el periodo 2.000 - 2.006 es el siguiente: Portugal (19.029), España (43.087), Francia (14.620), Italia (28.484), Grecia (20.961), cuya suma, 126,181, representa un 69% del un total de 183.564 para los 15 Estados miembros. Este reparto pone de relieve la importancia de estos Fondos en los países mediterráneos (CE, 1999).

Por otra parte y aunque hayan realizado notables progresos en los últimos años, España, Grecia, Portugal e Irlanda seguirán beneficiándose de los Fondos de Cohesión durante el periodo 2.000-2.006, dado que su PNB sigue siendo inferior al umbral previsto.

En la Tabla 57 se muestra la distribución de los fondos destinados en 1997 para proyectos relacionados con el medio ambiente en Grecia, España y Portugal, observándose la importancia del agua dentro de los proyectos de medio ambiente financiados por el Fondo de Cohesión.

Tipos de proyectos	Grecia	España	Portugal
Abastecimiento de agua y control de calidad	89	188	
Tratamiento y depuración de aguas residuales	84	394	58
Repoblación forestal. Lucha contra erosión		119	
Zonas costeras			9
Residuos sólidos		136	91
Protección del Medio Ambiente	37		
Otros		12	9
Total Medio Ambiente	210	849	167

Tabla 57. Subvenciones en proyectos de medio ambiente para el año 1997 (en millones de Euros). Fuente: CE, 1997 a

En cuanto a los recursos previstos para el periodo 2000-2006, éstos se reparten entre los cuatro Estados beneficiarios según las bandas siguientes: España (61-63,5%), Grecia (16-18%), Portugal (16-18%) e Irlanda (2-6%). Los criterios considerados para llegar a esta distribución son esencialmente la población, el producto nacional bruto per cápita y la superficie (CE, 1999).

#### 7.6.4 La política de la competencia

La política de la competencia tiene un papel clave en la integración de los distintos mercados nacionales en un mercado europeo común. Se han elaborado una serie de normas sobre competencia que sirven para eliminar abusos de empresas con posiciones dominantes de mercado, controlar los procesos de



fusión y adquisición de empresas y proporcionar un marco para las ayudas estatales (CE, 1999).

Desde el punto de vista territorial, la competencia entre regiones y ciudades puede intensificarse por la liberalización del mercado, generalmente en beneficio de las zonas que presenten las mejores condiciones de localización. La política de la Comisión reconoce sin reservas la necesidad de intervención para asegurar el equilibrio entre la competencia y los objetivos de interés general (CE, 1999).

Por otra parte, todas las intervenciones de la Comisión bajo los marcos de las distintas políticas deben ajustarse a la política de la competencia, lo que significa que deben cumplir las normas comunitarias en materia de competencia y especialmente, las relativas a las ayudas estatales.

Por ejemplo, en el caso de los *Fondos de cohesión*, donde las intervenciones se orientan en general hacia proyectos de desarrollo de infraestructuras de transporte y la protección del medio ambiente, salvo que se infrinjan las normas relativas a la adjudicación de contratos públicos, no proporcionan ninguna ventaja especial a empresas específicas, por lo que no existen problemas de incompatibilidad con el Derecho de la competencia (CE, 1997 a).

#### 7.6.5 *La política agraria común (PAC)*

El futuro de la agricultura europea dependerá en gran manera de la nueva Política Agraria Común (PAC).

La actual filosofía de la PAC, considerando no sólo la reforma de 1992 sino también las propuestas del documento Agenda 2000 elaborado en 1997, se basa en mantener un nivel de apoyo importante a los principales sectores agrarios, pero fijando en cada uno de ellos la cuantía de las cuotas de la producción, las cantidades máximas garantizadas o las superficies base que puede recibir ayuda. Esta fijación se hace en base a las producciones, superficies, etc de un periodo de referencia, lo que en la práctica supone congelar la producción de los principales productos agrarios al nivel del periodo de referencia (Sumpsi y otros, 1998).

La PAC, a través de la fijación de precios y/o ayudas para los productos agrarios, ha influido significativamente en cuestiones tales como la evolución de la superficie regada y los tipos de cultivos, determinando en cierto modo el nivel de inversión agraria, la utilización de productos químicos, e incluso los niveles de empleo y renta generados por el regadío. La concesión de ayudas para el abandono de las superficies de cultivo propiciada por la reforma de la PAC realizada en 1992 produjo como resultado que entre 1993 y 1994 se retiraran unos seis millones de hectáreas de superficie útil.

La intensificación, la concentración y la especialización de la producción agraria puede tener en principio ciertos efectos negativos sobre el territorio y en concreto sobre el agua, como la explotación de grandes partes de zonas húmedas, la contaminación de las aguas subterráneas por el incremento del uso de plaguicidas y fertilizantes y el descenso de la biodiversidad (CE, 1999).

Es evidente que la política del agua y la política agraria inciden en las mismas variables, produciéndose interacciones entre ambas. Según los resultados de distintas simulaciones realizadas por Sumpsi y otros (1998), la aplicación de una nueva tasa sobre el agua de riego (política tarifaria) o la disminución de la disponibilidad de agua (política de revisión de las concesiones) generaría en algunas zonas regables, la sustitución de cultivos exigentes en agua (algodón, remolacha, maíz, cultivos hortícolas, etc) por otros con menores necesidades hídricas (trigo, cebada, girasol, etc), o incluso la desafección del cultivo de regadío (paso a cultivo de secano).

Según Sumpsi y otros (1998) esta sustitución de cultivos muy consumidores de agua por otros menos exigentes, o la desafección de la superficie de regadío, podría provocar graves problemas en la aplicación de la PAC, ya que no se utilizaría, por ejemplo, todo el cupo de producción de remolacha, ni la cuota de producción de tabaco, ni la máxima cantidad garantizada de algodón, mientras que en cambio el aumento de la superficie de cereales (trigo, cebada) y oleaginosas superarían las superficies base desencadenándose importantes penalizaciones que acabarían provocando pérdidas de renta agraria.

La PAC incorpora también, entre otras, un conjunto de medidas agro-ambientales que reciben ayuda financiera europea, como son: la conversión de terrenos agrícolas a pastos, la reducción de la densidad del ganado, la aplicación de técnicas de producción más ambientales, la reducción de los fertilizantes de nitrógeno y plaguicidas o la repoblación forestal. En teoría, la PAC debería producir una disminución global de la contaminación por nitratos y plaguicidas de las aguas subterráneas, aunque hay que tener en cuenta que el objetivo primario de esta política tiene un carácter económico y no medioambiental (EEA, 1999 a).

#### *7.6.6 La investigación y desarrollo (I+D) en materia de agua*

Los principales instrumentos de planificación a medio plazo de la política en Investigación y Desarrollo son los denominados programas marco. Estos programas marcan, generalmente para un periodo de cinco años, las áreas que se consideran prioritarias en investigación y desarrollo en la Unión, estableciendo el presupuesto de los fondos que van a ser utilizados.

En general, el procedimiento de redacción y aprobación de un Programa Marco es un proceso lento. Este hecho unido a la necesidad, en algunos casos, de modificar la planificación realizada ante cambios coyunturales ha dado lugar a

que los Programas Marco se fueran solapando o, en algunos casos, no cubrieran por completo un quinquenio. Así el Primer Programa Marco comprendió los años 1984-87, el segundo 1987-91, el tercero 1990-94 y el cuarto 1994-98. El V Programa Marco se ha aprobado a principios de 1999, estando prevista su continuación hasta el año 2.002.

El V Programa Marco (1.999-2.002) actualmente en vigor se ha dividido en *acciones*, de las cuales la primera se refiere a *programas temáticos*. El programa temático *Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible* contempla la mayoría de los contenidos relacionados con las aguas continentales y está dividido en acciones clave, de las cuales la más relacionada con los recursos hídricos es la denominada *Gestión Sostenible y Calidad del Agua* que consta de seis áreas, en cada una de las cuales se indican dos o tres prioridades (Tabla 58).

Areas	Prioridades
Gestión integrada y uso sostenible de los recursos a escala integrada de cuenca	Herramientas y metodologías para la planificación estratégica y la gestión integrada a escala de cuenca Aspectos socioeconómicos de un uso sostenible del agua Planes de gestión operativos y sistemas de apoyo a la decisión
Calidad ecológica de los ecosistemas de agua dulce y humedales	Caracterización de procesos en ecosistemas Objetivos de calidad ecológica
Tecnologías de tratamiento y depuración	Gestión del agua en las ciudades Sistemas de depuración y reutilización.
Prevención de la contaminación	Reducción de la contaminación del agua causada por lavado de suelos Contaminación difusa
Vigilancia, detección temprana y sistemas de comunicación	Vigilancia y control de la contaminación Mejora del pronóstico de sequías e inundaciones
Regulación de las reservas hídricas y tecnologías adecuadas a regiones áridas y semiáridas y, en general, regiones con déficits de agua	Gestión y usos de los recursos hídricos Prevención y reducción de la intrusión marina Desarrollo tecnológico y herramientas de gestión

Tabla 58. Areas y prioridades de la acción clave *Gestión Sostenible y Calidad del Agua* del V Programa Marco

Un análisis de la tabla anterior pone de relieve la estrecha relación entre las muchas de las prioridades del V Programa Marco de I+D y los principales objetivos del V Programa Ambiental y de la Directiva Marco del Agua. Ejemplos de estas prioridades son: las herramientas y metodologías para la planificación estratégica y la gestión integrada a escala de cuenca, los aspectos

socioeconómicos de un uso sostenible del agua, los objetivos de calidad ecológica o la mejora del pronóstico de sequías e inundaciones.

El presupuesto total del V Programa Marco es de 14.960 millones de euros, correspondiendo al programa *Medio Ambiente y desarrollo sostenible* un importe total de 1.083 millones de euros (240 millones de euros para la acción clave *Gestión sostenible y calidad del agua*).

## **7.7 El incremento de la oferta**

### *7.7.1 Introducción*

El incremento de la oferta suele entenderse como el proceso de localización, desarrollo y explotación de nuevas fuentes de agua (MIMAM, 1998). Este incremento puede conseguirse básicamente mediante: la regulación con nuevos embalses, la utilización de nuevos acuíferos, alternativa o conjuntamente con las aguas superficiales, la utilización de recursos no convencionales, como la desalación o la reutilización, o los trasvases intercuenas.

La variabilidad espacio-temporal de los regímenes hidrológicos en los países mediterráneos ha conducido a la realización de numerosas obras hidráulicas en el pasado, entre las que destacan los grandes embalses de regulación. Conviene indicar, sin embargo, que por ejemplo en el caso de España el porcentaje de inversión en obras hidráulicas respecto al total de la inversión en infraestructuras ha venido decreciendo en los últimos años (Figura 108).

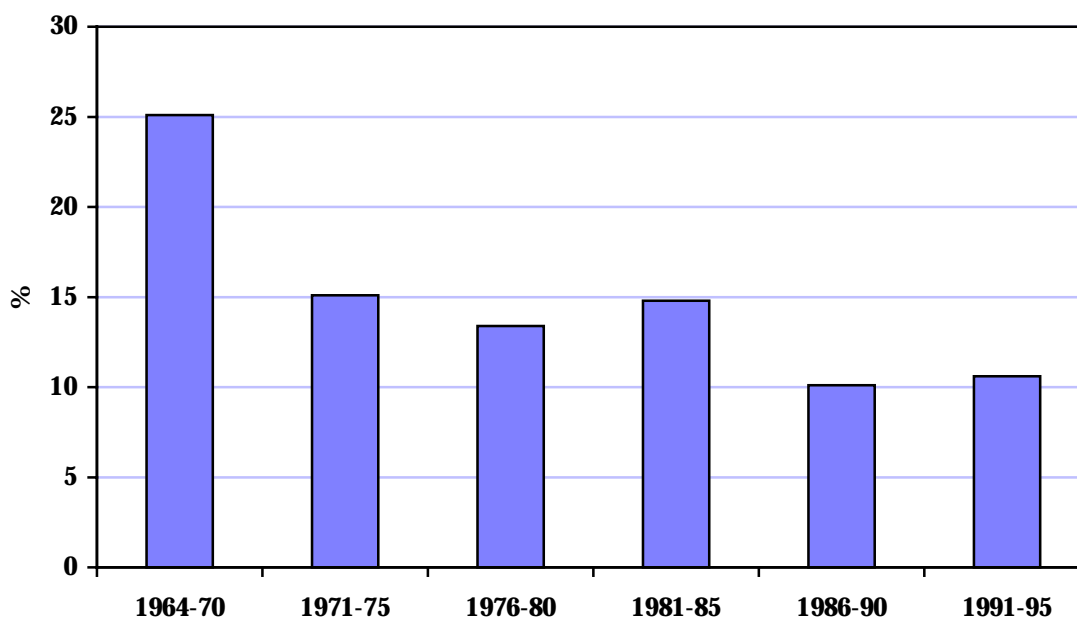


Figura 108. Evolución de la inversión en obras hidráulicas en España respecto al total de inversión en infraestructuras. Fuentes: García et al, 1997.

Aunque es evidente que una política desde el lado de la oferta es necesaria, también lo es que cada vez más otros valores entran en el juego y que el peso de las medidas basadas en la oferta es menor.

### 7.7.2 *La regulación mediante embalses*

Para hacer frente a la irregularidad temporal de las aportaciones de los ríos y poder satisfacer las demandas y requerimientos existentes, la humanidad ha venido construyendo desde tiempos remotos embalses que permiten el almacenamiento de las aportaciones de los ríos en periodos húmedos y su utilización en periodos secos. En la actualidad se encuentran en operación en la Unión Europea unas 3.500 grandes presas con una capacidad de 150 km<sup>3</sup> (EEA, 1999d), de los cuales a los países estudiados corresponden unas 2.000 con una capacidad del orden de 100 km<sup>3</sup>.

El uso primario mayoritario de las presas en Francia, Italia y Grecia es la producción de electricidad. En Portugal es tan importante el uso para la producción de electricidad como para abastecimiento seguido del uso para regadíos. En España se reparte el uso en abastecimiento, hidroelectricidad y regadío.

En la Figura 109 se muestra la capacidad de embalse y la aportación total media anual en los distintos países, destacando claramente España por la elevada proporción entre la capacidad de embalse y la aportación total. El número de presas actualmente en servicio es del orden del millar, con una capacidad de almacenamiento total del orden de 54 km<sup>3</sup>, lo que supone más de un tercio de la capacidad total de la UE.

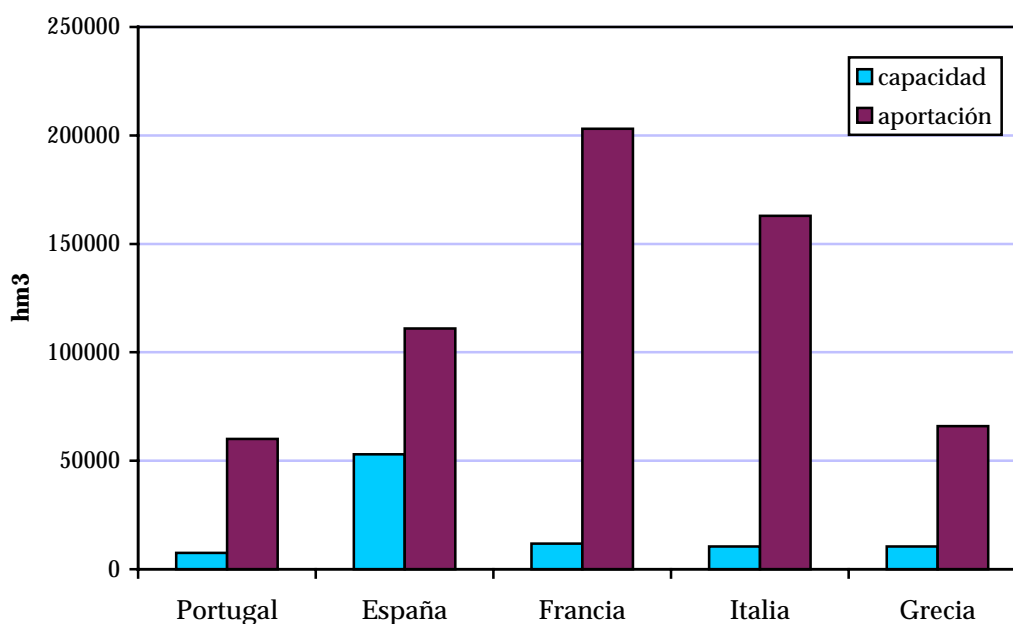


Figura 109. Capacidad de embalse total (hm<sup>3</sup>) y aportación total (hm<sup>3</sup>/año) por países. Fuentes: ICOLD 1984/1988, datos actualizados hasta noviembre, 1997

La elevada proporción existente en España entre la capacidad de embalse y la aportación total ha permitido elevar de forma espectacular la cifra de recurso disponible hasta unos 45.000 hm<sup>3</sup>/año, respecto a los menos de 10.000 hm<sup>3</sup>/año que podrían ser aprovechados para satisfacer las necesidades de agua si no se alterase artificialmente el régimen natural mediante obras de regulación.

Sin embargo, no parece que la capacidad de embalse pueda seguir incrementándose indefinidamente. Aunque esta opción sigue siendo de importancia para el desarrollo hidráulico de algunos territorios, es obvio que su utilidad marginal es cada vez menor y sus costes (económicos, ambientales y sociales) mayores, por lo que no cabe considerar un generalizado incremento de la regulación como una opción solvente y de futuro en la política del agua (MIMAM, 1998).

### 7.7.3 Los transvases intercuenas

No hay derivación ni aprovechamiento de cierta entidad que no constituya, en sentido geográfico, un trasvase intercuenca. Así, por ejemplo, muchos abastecimientos urbanos se nutren de trasvases intercuenca y son numerosas las zonas de riego que reciben aguas no estrictamente procedentes de la cuenca donde se asientan. La discusión sobre trasvases intercuenca ha de tener esto siempre presente y no olvidar que se trata, más que de una aceptación o rechazo conceptual sobre los trasvases, de una discusión sobre el alcance de las escalas a las que pueden realizarse estas transferencias y sus condiciones de viabilidad a estas escalas (MIMAM, 1998).

Conviene resaltar, junto con su cualidad hidrológica, el carácter territorial de los trasvases, pues muchas veces el olvido de la necesidad del equilibrio territorial y del valor estratégico del agua, están en la raíz de los problemas sociales que se originan con motivo de estas obras (López Martos, 2000).

Es evidente que aunque las transferencias intercuenca constituyen una solución de planificación hidrológica válida, sin embargo deben analizarse, con cuidado, algunos de los posibles factores negativos que implican. Los periodos de sequía, en ocasiones, afectan tanto a la cuenca cedente como a la receptora, con lo cual esa transferencia puede perder su funcionalidad y valor estratégico, las transferencias de agua requieren grandes inversiones y pueden producir impactos ambientales y ecológicos negativos, se pueden producir situaciones indeseables desde el punto de vista ecológico como la migración de especies de la cuenca cedente a la receptora, etc (EEA, 1996a).

Recientemente ha sido presentado en España un nuevo Proyecto de Ley de Plan Hidrológico Nacional (septiembre de 2000). Como resultado de los análisis en él efectuados se propone un esquema de trasvases para resolver el déficit exclusivamente de aquellos ámbitos de planificación que no tiene posibilidad de hacerlo con recursos propios. *Cabe destacar que a diferencia de planteamientos anteriores, las transferencias intercuenca no se conciben en este documento como un medio para atender a nuevas demandas en las cuencas receptoras- salvo en el caso de abastecimientos urbanos e industriales- sino únicamente de garantizar las existentes actualmente, una vez asegurada la disponibilidad de recursos para atender las demandas futuras máximas en las cuencas cedentes.*

La solución propuesta, tras analizar múltiples alternativas que recogen todas las transferencias planteadas hasta la presentación del Plan, se compone de dos conexiones intercuenca, que en conjunto pueden derivar un máximo 1.050 hm<sup>3</sup>/año del río Ebro en un punto próximo a su desembocadura.

La primera, de 180 km de longitud, conduce 190 hm<sup>3</sup>/año hacia el Norte, con objeto de garantizar la demanda urbana e industrial de Barcelona y su área metropolitana. La segunda y más importante, con un recorrido total de 780 km de nueva construcción, deriva 860 hm<sup>3</sup> hacia el Sur, que se reparten entre la Comunidad Valenciana, Murcia y Almería, destinados tanto a la consolidación y redotación de regadíos existentes como al abastecimiento urbano e industrial.

Como puede apreciarse, se trata de una solución cuyo objetivo es la vertebración hídrica de todo el arco mediterráneo, un ámbito de creciente importancia dentro del territorio español. Desde el punto de vista de su impacto sobre el territorio no supone ninguna restricción en las cuencas cedentes, pues se satisfacen las previsiones de demandas y requerimientos ambientales futuros, aunque sí en las cuencas receptoras, donde no está prevista la ampliación de los regadíos con cargo al Plan Hidrológico Nacional.

Conviene también mencionar los estudios realizados para trasvasar unos 200 hm<sup>3</sup>/año desde el Ródano en Francia para el abastecimiento de Barcelona en España. El trasvase recorrería una distancia de algo más de 300 km, 200 de ellos en Francia. La toma se situaría en el Canal de Ph. Lamour, cerca de Montpellier y el transporte se realizaría en conducto enterrado.

#### *7.7.4 La utilización de acuíferos y la gestión conjunta con las aguas superficiales*

La utilización de las aguas subterráneas es una de las posibles formas de incrementar la oferta de los recursos para satisfacer las demandas. Tiene, entre otras, la ventaja de que no requiere grandes inversiones en obras hidráulicas o que, si existen acuíferos en la zona, las aguas pueden extraerse allá donde se necesitan. Un inconveniente que presentan es que debe cuidarse el que se realice un desarrollo sostenible del recurso sin agotar las reservas subterráneas.

La utilización conjunta de los recursos superficiales y subterráneos mediante el uso planeado y coordinado de ambas fuentes de recursos, debe ser en el futuro, cada vez más, un instrumento de gestión para la mejor satisfacción de la demanda. La utilización conjunta aprovecha la complementariedad hidrológica de los embalses superficiales y de los acuíferos. Al explotar las aguas subterráneas cuando los caudales o los almacenamientos superficiales son menores, se consigue un aumento de la garantía del suministro (Sahuquillo, 1996).

La integración de recursos subterráneos y superficiales en esquemas de aprovechamiento conjunto es una interesante alternativa para el incremento de las disponibilidades. Ciertos condicionantes naturales, económicos, así como la infraestructura hidráulica ya existente, limitan no obstante las posibilidades efectivas de aplicación del uso conjunto a determinados esquemas de explotación de recursos.

Así, por ejemplo en España se han seleccionado 27 esquemas en los que se integran 70 unidades hidrogeológicas junto a 71 embalses y 16 grandes infraestructuras de conducción. En MIMAM (1998) se avanzan unas cifras preliminares sobre los recursos adicionales obtenibles, que para el conjunto de los 27 esquemas se moverían en un rango comprendido entre los 280 y los 425 hm<sup>3</sup>/año. Aunque estas cifras no representan globalmente un porcentaje



significativo del recurso disponible en España, unos 45.000 hm<sup>3</sup>/año, es evidente que pueden suponer mejoras en las disponibilidades de agua en regiones donde escasea el recurso.

#### *7.7.5 Los recursos no convencionales*

Frente a la opción habitual de recurrir a las fuentes convencionales (generalmente embalses superficiales), debe tenerse presente también, de cara al futuro próximo, las nuevas posibilidades que se abren con la incorporación de las fuentes denominadas no convencionales, cuya expansión, sin duda, será un hecho.

Así, dentro de las fuentes no convencionales hay que destacar la elevada potencialidad de la reutilización directa de las aguas residuales depuradas y la desalación del agua de mar y de aguas salobres. El apoyo a estas tecnologías tiene su reflejo en las distintas legislaciones nacionales. En España la Ley 46/1999 que modifica la Ley 29/1985 de Aguas, con objeto de incrementar la producción de agua potable mediante la utilización de nuevas tecnologías otorga rango legal al régimen jurídico de los procedimientos de desalación o reutilización.

Como ejemplo de previsión de utilización de recursos no convencionales, cabe citar que en el caso de España la potencialidad de la reutilización es alta ya que, según las previsiones de los Planes Hidrológicos de cuenca, se pasaría de unos 230 hm<sup>3</sup>/año en la actualidad a casi unos 1.100 hm<sup>3</sup>/año de agua reutilizada en el año 2010. Por otra parte, la previsión de incremento de la desalación a corto y medio plazo, contando con las obras actualmente en fase de construcción y aquellas de próxima ejecución, elevaría de unos 220 hm<sup>3</sup>/año a más de 500 hm<sup>3</sup>/año los volúmenes producidos.

Conviene mencionar que al estimar los recursos adicionales que se pueden obtener por reutilización directa, se debe tener en cuenta que solo serán valores netos los de las zonas costeras que vierten al mar, mientras que en los casos restantes generalmente lo que se conseguirá es una mejora de la calidad del agua.

En la actualidad la desalación de agua del mar y de aguas salobres se aplica en áreas donde no existen otras fuentes de suministro disponibles a costes competitivos. El potencial de la desalación como una opción viable de futuro depende de los avances en la tecnología de la desalación, de la evolución de los costes de energía y de los costes del agua de fuentes de suministro alternativas. Desde un punto medioambiental se requiere un examen cuidadoso que clarifique hasta que punto la utilización de energía primaria para la producción de agua es ambientalmente admisible y económicamente viable (EEA, 1990c).

## 7.8 La gestión de la demanda

### 7.8.1 Introducción: los conceptos de gestión de la demanda y conservación del agua

El concepto de gestión de la demanda de agua apareció a finales de los años 70, incorporando iniciativas que tenían como objetivo la satisfacción de las necesidades de agua con un menor consumo de recursos, normalmente, a través del incremento de la eficiencia en su utilización. Sin embargo no fue sino hasta los años 80 cuando los límites físicos y económicos de las soluciones estructurales desde el lado de la oferta comenzaron a hacerse evidentes y empezaron a desarrollarse este tipo de iniciativas.

Bajo este nuevo enfoque, la demanda deja de ser una variable independiente a la que se enfrenta el sistema de suministro para pasar a ser una variable susceptible de ser modificada en el contexto de la gestión global del sistema (Estevan, 1998).

Los mecanismos utilizados en un sistema de gestión de la demanda son diversos y según Estevan (1998) podrían agruparse en los siguientes programas:

- Infraestructuras. Acciones que persiguen la reducción de las pérdidas en las redes, la generalización de los contadores universales, etc.
- Ahorro y concienciación ciudadana. Persiguen la reducción del consumo sin necesidad de realizar intervenciones técnicas sobre los sistemas de suministro o sobre los dispositivos de consumo. Incluyen la modificación de la estructura de las tarifas para disuadir el despilfarro.
- Eficiencia hidráulica. Buscan la reducción de los consumos mediante la introducción de modificaciones técnicas en los equipos y en los dispositivos de consumo.
- Sustitución de recursos. Existen usos que no requieren la calidad o regularidad propia de una red de agua potable. En esos casos pueden utilizarse aguas depuradas, pluviales, salobres, etc.

La Comisión Mediterránea para el Desarrollo Sostenible (CMDD) indica que las políticas de gestión de la demanda (Benblidia y otros, 1999) deben respetar la protección de un nivel mínimo aceptable para la preservación ecológica de ecosistemas, y formar parte de estrategias de gestión integrada del agua donde, se fijen metas cuantificables en escalas de tiempo bien definidas. También indican que esas políticas de gestión deben considerar los requerimientos crecientes de la población tanto urbana como rural, en particular la referente al agua potable.

La gestión de la demanda es considerada como una parte de las políticas más generales denominadas de conservación de agua.

El concepto de conservación incluye, además de las medidas para hacer un uso más racional y eficiente de los recursos, otras que tienen por objeto la protección del medio ambiente acuático. Este concepto va más allá de una dimensión estrictamente técnica. Es un concepto global en línea con el principio del desarrollo sostenible hacia el cual todos los países deberían tender progresivamente. Dentro de este contexto, implica requerimientos técnicos, institucionales, económicos y sociales (Suzenete, 2000).

Los beneficios de las políticas de conservación de agua son difíciles de cuantificar directamente en términos económicos aunque sus resultados pueden ser obvios: mantenimiento del hábitat en ríos y riberas, protección de las aguas subterráneas, mejora de la calidad de las aguas residuales, reducción de la dispersión de contaminantes (urbanos y agrícolas), restauración de los valores naturales de las marismas y estuarios, etc.

### *7.8.2 La gestión de la demanda en los usos urbanos*

Una de las fuentes de ahorro más significativas en el abastecimiento urbano es la reducción de las pérdidas que se producen en las redes de suministro, fundamentalmente en las más antiguas. El deficiente estado de algunas conducciones es causa de que se produzcan en ocasiones importantes pérdidas de agua por fugas en las tuberías. Este problema afecta a poblaciones no siempre caracterizadas por la abundancia de recursos, por lo que conviene destacar la necesidad de su urgente corrección.

El concepto de pérdidas en la red de distribución puede cubrir diferentes aspectos: pérdidas debido a que las juntas en depósitos y tuberías no están perfectamente selladas, pérdidas en las instalaciones de los usuarios antes de que el agua sea contabilizada. Por otra parte, en algunas ocasiones, algunos usos no se miden (jardines públicos, limpieza de calles, etc) y se calculan mediante estimaciones. Las diferencias con los valores reales se toman como pérdidas.

Estas diferencias conceptuales y metodológicas hacen difícil el establecer comparaciones entre diferentes niveles de pérdidas. Sin embargo, en aras de realizar un cierto análisis comparativo, a continuación se muestran algunos ejemplos en los distintos países.

Análisis realizados en Francia muestran que la eficiencia de la red (volúmenes suministrados/volúmenes detraídos) varía desde aproximadamente el 68% en un área altamente rural al 85% en la región de París. La media nacional se estimó en el 70% en 1990 (EEA, 1999c).

Estudios realizados en España indican que las eficiencias de las redes en áreas urbanas varían desde el 60% en Bilbao al 77% en Madrid (EEA, 1999c).

En Italia, los estudios realizados indican que el valor medio de la eficiencia está alrededor del 85%, cifra que baja al 70% en el caso de las ciudades de Roma y Bari ( EEA, 1999c).

El mantenimiento y renovación de la red son esenciales para la reducción de pérdidas. El informe de la Asociación Internacional de Suministradores de Agua (IWSA) realizado en el año 1995 en Durban aconseja una tasa de renovación anual del 1,5% de la red de distribución.

En relación con el ahorro en el consumo de agua urbano, conviene mencionar que el consumo doméstico suele representar un porcentaje importante de aquel y que por tanto las medidas para hacer un uso más eficiente del agua son particularmente importantes en este sector.

La mayoría del agua consumida en las viviendas es para cisternas, baños, duchas, lavavajillas y lavadoras. El potencial para incrementar la eficiencia en el uso de agua para estos menesteres es importante. La utilización de equipamientos domésticos ahorradores de agua aún no está muy generalizada (altos costes y escasa información al consumidor), pero podrían alcanzarse los siguientes ahorros: en la grifería (electrónica, con termostatos, etc.) se puede conseguir una reducción de entre un 50 y 80%, en las cisternas para sanitarios se puede pasar de 9 litros a 6 ó 3 litros/uso y con los limitadores de agua para duchas se puede conseguir una reducción del 10 al 40% (ETC-IW, 1999 a).

En 7 ciudades de Bretaña (Francia) se desarrolló un proyecto piloto de ahorro del agua financiado por el Ministerio de Medio Ambiente, la Agencia del Agua del Loire-Bretagne y las municipalidades. La población total afectada era de alrededor de 800.000 habitantes. Las actuaciones realizadas fueron: una campaña de información (usuarios y profesionales), el envío de cartas a los habitantes, la instalación de varios tipos de equipamientos ahorradores, la realización de investigaciones sobre las pérdidas en la red pública y en las viviendas, etc. El resultado de estas actuaciones fue una reducción de entre el 14 y 50% en el consumo urbano y del 62% en el agua municipal para el riego.

En cuanto al impacto de instalar contadores individuales sobre el consumo de agua, éste es difícil de estimar pues, en general, está unido a otras medidas. Sin embargo, algunas estimaciones indican que pueden conseguirse ahorros del 10-25% (Pezzey and Mill, 1998).

En 1997 la compañía suministradora de agua de Sevilla en España puso en marcha un plan para introducir contadores individuales en diferentes edificios que utilizaban contadores colectivos. Había 18.300 edificios en esta situación (alrededor de 225.000 viviendas). Algunas de las medidas adoptadas fueron: acuerdos con una entidad bancaria para dar créditos blandos a los usuarios, establecer una línea telefónica de información sin costos para el usuario,

proporcionar materiales libres de costos para las obras en los edificios (10%-20% del coste total) y la cooperación con diferentes instituciones para desarrollar el plan (asociaciones de usuarios y de profesionales), etc. Después de un año, alrededor de 6.600 viviendas disponían de contador individual y el consumo de agua se redujo en un 25%.

También conviene mencionar por su importancia que un mecanismo económico que incide en el ahorro son las políticas de precios. La estructura del precio del agua suele ser, sin embargo, compleja, lo que hace difícil evaluar su influencia en la reducción de la demanda. Esta complejidad está relacionada con los diferentes conceptos incluidos en la factura del agua y con la heterogeneidad de los sistemas de gestión.

A pesar de la cada vez mayor importancia de los programas de gestión de la demanda urbana puesta de relieve en los ejemplos anteriores, existen todavía muchos obstáculos de diverso tipo que dificultan su implantación. Entre estos cabe mencionar (Estevan, 1998):

- jurídico-institucionales. No existe normativa que exija la implantación universal de contadores individuales o normativa sobre la eficacia hidráulica de los dispositivos utilizados.
- técnicos. El dominio y experiencia técnica de los programas de oferta favorece la continuidad de estas políticas; los programas de gestión de la demanda son más complejos; el consumo de agua no se ha incorporado como variable en la ordenación del territorio, el planeamiento urbano y la edificación; la falta de información de los consumos por actividades, etc.
- económicos. Salvo en algunas áreas mediterráneas los precios del agua en alta son muy bajos y desincentivan la aplicación de medidas de ahorro y eficiencia; la falta de financiación pública; la necesidad de modificación de las estructuras tarifarias (las tarifas por bloques ocasionan reducciones en el bloque superior, vital para el equilibrio económico de muchas empresas abastecedoras), etc.

### *7.8.3 La gestión de la demanda agrícola*

Las medidas de gestión de la demanda agrícola, además de buscar la mayor eficiencia posible en los sistemas de regadío, deben estar en línea con los objetivos de una agricultura sostenible en términos de conservación del agua, protección del medio ambiente, viabilidad económica y aceptación social.

Estas medidas pueden dividirse (EEA, 1999c) en aquellas que tratan con la mejora de la infraestructura existente (revestimiento de canales, implantación de sistemas de riego localizado, nivelación de las parcelas, mejora del drenaje, etc) y aquellas relacionadas con los aspectos no estructurales del regadío (mejora de la organización y de la gestión, mejora del conocimiento sobre las dotaciones necesarias para los cultivos y sobre las pérdidas de agua y retornos, sistemas de tarifas, etc).

Es evidente que la eficiencia en la agricultura de regadío está muy relacionada con el método utilizado para fijar los precios del agua. A este respecto cabe mencionar las principales conclusiones del Banco Mundial (World Bank, 1995a) en su informe *Consideraciones sobre la eficiencia y la equidad en los precios y asignaciones del agua para el riego*:

- Los esquemas de tarifas volumétricas o por producción son los que producen las mayores eficiencias. En Francia se utiliza un sistema mixto volumétrico y de tarifa plana (EEA, 1999c).
- Los esquemas de tarifas basados en la superficie de riego dan lugar a asignaciones de los recursos poco eficientes. Tales esquemas sin embargo son los más fáciles de implementar. Estos sistemas son comunes en países como España o Grecia (EEA, 1999c).

La eficiencia global de un sistema de regadío es función de las eficiencias en la toma, en la distribución y en la aplicación y suele expresarse como el producto de estas tres eficiencias parciales, tal y como se muestra en la Tabla 59. La eficiencia en la toma se refiere a las pérdidas que ocurren desde el punto de toma hasta la red de distribución, la eficiencia en distribución se refiere a las pérdidas desde que el agua llega a la red de distribución hasta que alcanza las unidades de riego y finalmente, el término de eficiencia en la aplicación se refiere a las pérdidas en las unidades de riego.

Eficiencia	Toma	Distribución	Aplicación	Global
Goteo	1,00	0,85	0,90	0,77
Pivote	1,00	0,85	0,88	0,75
Gravedad	0,80	0,80	0,75	0,48
Aspersión	1,00	0,85	0,75	0,64

Tabla 59. Eficiencias medias en distintos sistemas de regadío en España. Fuente: Lujan, 1991

Las cifras de la Tabla 59 muestran la importancia que en cuanto al ahorro en la detracción de recursos supone la utilización de sistemas de riego cada vez más eficientes, como por ejemplo sería la transformación de riegos superficiales por gravedad a riegos localizados por goteo. Sin embargo, también conviene aclarar que esos ahorros se producen sobre la detracción del agua de los ríos, embalses y acuíferos, al disminuir las pérdidas, pero que el consumo seguirá siendo prácticamente el mismo. Por otra parte, la mayoría de las pérdidas retornan como sobrantes, por superficie o subterráneamente, al ciclo del agua y en el caso de cuencas interiores suelen utilizarse aguas abajo del punto de retorno.

#### 7.8.4 Los contratos de cesión de derechos sobre los recursos

En España, la Ley 46/1999 que modifica la Ley 29/1985 de Aguas, pretende potenciar la eficiencia en el empleo del agua flexibilizando el actual régimen

concesional a través de la introducción de un nuevo contrato de cesión de derechos del uso del agua, con el objeto de optimizar socialmente los usos de un recurso escaso. Esta ley también incide en las políticas de ahorro del recurso, bien estableciendo la obligación general de medir los consumos de agua mediante sistemas homologados de control o bien mediante la fijación de consumos de referencia para regadíos.

La interesante iniciativa española de establecer un mercado regulado de derechos de agua exige una labor previa de definición de la situación inicial en la que se fijen las características de esos derechos y sus poseedores.

## **7.9 La gestión de situaciones extremas**

### *7.9.1 Introducción*

Las situaciones extremas se producen usualmente en un marco donde las predicciones tienen un alto grado de incertidumbre y consecuentemente la toma de decisiones comporta un riesgo evidente. Una sequía puede finalizar de forma más o menos brusca, con la aparición de un periodo lluvioso, o continuar durante meses e incluso años. Al igual sucede con un episodio de tormenta que es causante de inundaciones y que puede mantenerse durante horas e incluso días o terminar repentinamente.

### *7.9.2 La gestión de las sequías*

La sequía es una típica situación extrema que provoca estrés hídrico. Durante estas situaciones se producen importantes reducciones en la disponibilidad de recursos que dan lugar a que los ríos se sequen, los acuíferos se agoten, los embalses se vacíen y la calidad del agua se vea deteriorada. En las regiones más meridionales de la Europa mediterránea las sequías constituyen un serio problema ambiental, económico y social.

Como ejemplo de la importancia que tiene la consideración de las sequías en la gestión de las aguas, conviene mencionar como la Directiva Marco del Agua promueve un uso sostenible de las aguas, basado en la protección a largo plazo de los recursos disponibles, que sirva para paliar los efectos de las sequías.

*La Guía para la elaboración de una estrategia de lucha contra los daños de las sequías de la ICID (1998)* dice que a pesar de la elevada incertidumbre actual en la evaluación de los factores causantes de la sequía y la dificultad de predecir los eventos de sequía, existen sin embargo medios y métodos para luchar contra los daños que ésta produce, entre los que cabe mencionar: el establecimiento de distintos tipos de indicadores que detecten niveles de sequía; los métodos de

prevención, orientados al suministro, a la demanda o a la minimización de los impactos; los instrumentos de reducción de daños, como la mejora de los suelos o los cambios en los cultivos buscando variedades más tolerantes a las sequías; la consciencia del riesgo, lo que conlleva la determinación de niveles tolerables y grados de pérdidas; la organización y coordinación de los agentes implicados; o la cooperación internacional.

En esta línea conviene mencionar el *Grupo de Trabajo Regional Europeo sobre Sequías* recientemente establecido, que proporciona un foro especial sobre esta temática a los países europeos y que tiene entre sus principales tareas la elaboración de un mapa de sensibilidad frente a la sequía en Europa y el desarrollo de una estrategia europea frente a los efectos dañinos de la sequía (ICID, 1998).

Dentro de las medidas que se pueden adoptar en situación de sequía puede mencionarse la importancia que, con carácter general, tienen las aguas subterráneas. Con su utilización se puede contribuir a paliar los déficit bombeando por encima de la explotación habitual, o incluso superando ampliamente la recarga media del acuífero y de ello se tienen numerosos ejemplos en los países objeto de estudio (MIMAM, 1998). En muchos sistemas de explotación de recursos hídricos basados fundamentalmente en las aguas superficiales, existen acuíferos donde el agua bombeada puede incorporarse fácilmente a un canal, depósito, embalse, o incluso utilizarse directamente. En otros casos es necesaria la realización de alguna obra o conducción complementaria (MIMAM, 1998).

La Comisión Europea, a través de los Programas Marco de Investigación y Desarrollo, ha financiado programas orientados al estudio de las sequías, como por ejemplo el proyecto ARIDE (Assessment of the Regional Impact of Droughts in Europe), actualmente en desarrollo. Este proyecto tiene como objetivo mejorar la comprensión de los procesos que producen las sequías en Europa, desarrollar métodos para estimar su distribución espacial a escala europea y técnicas para predecir el impacto del cambio global sobre las sequías.

### *7.9.3 La gestión de las inundaciones*

Las inundaciones constituyen una situación hidrológica extrema que produce estrés hídrico sobre el territorio.

La definición de los niveles deseados y/o tolerados de protección frente a las inundaciones es una difícil tarea sin una respuesta única. Por una parte la adopción de un nivel muy alto de protección implica grandes inversiones, pero por otra no es deseable sufrir daños frecuentes por inundaciones (MIMAM, 1998).



El nivel del riesgo residual tolerado por la sociedad (después de medidas preventivas) varía a través de los países de la Unión Europea. Parece existir un cierto grado de acuerdo en diseñar la protección urbana para avenidas de periodo de retorno comprendido entre 50 y 200 años y para valores inferiores en el uso agrícola. En la Figura 110 se muestra un ejemplo de niveles de protección en función del uso del suelo.

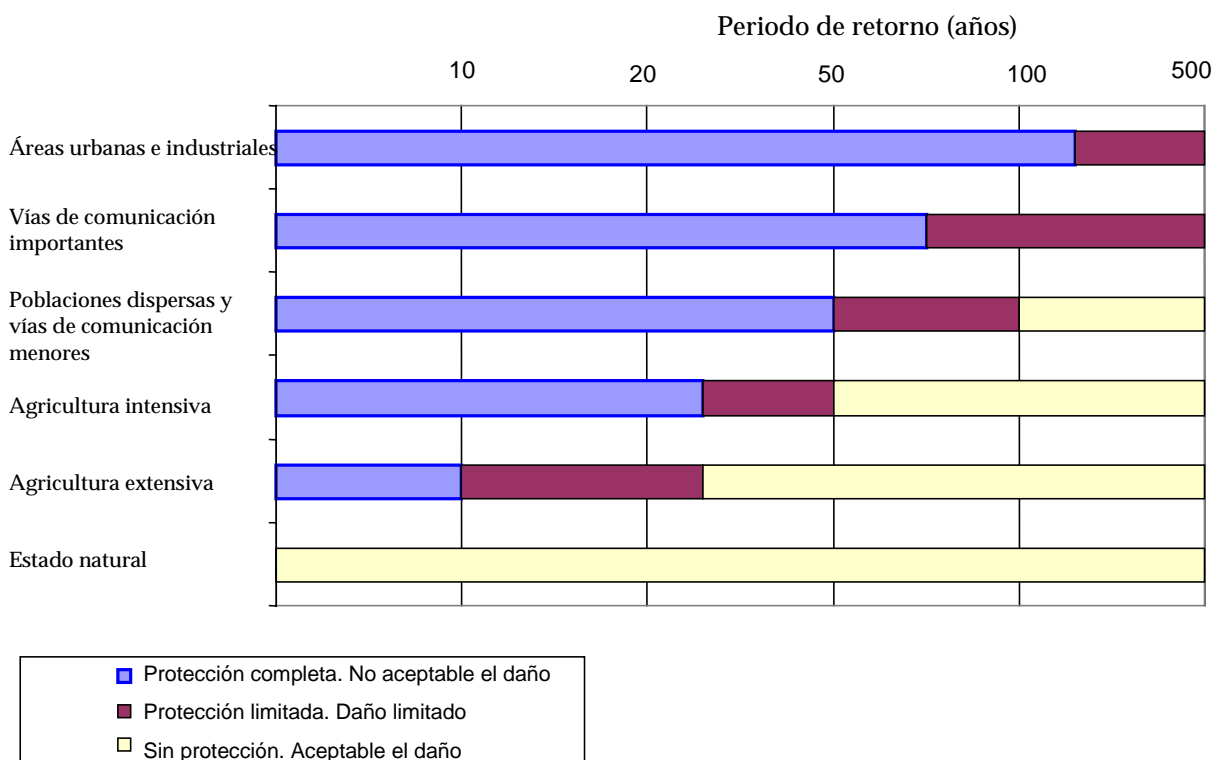


Figura 110. Nivel de protección frente a inundaciones en función de los usos del suelo. Fuente: ETC-IW (1999b)

Las medidas que se pueden adoptar para minimizar los riesgos provocados por las avenidas se pueden clasificar en estructurales y no estructurales.

Las medidas estructurales han sido las más empleadas hasta el momento para luchar contra los daños provocados por las avenidas. Entre estas medidas cabe mencionar la construcción de presas, los encauzamientos, los diques de protección, o la reforestación y protección del suelo.

Las presas tienen la ventaja, frente a otro tipo de medidas como los encauzamientos, de concentrar el impacto ambiental en una zona concreta del río en lugar de afectar a un tramo extenso del mismo. Los encauzamientos se han empleado tradicionalmente para la protección de núcleos urbanos. En algunos ríos mediterráneos este tipo de medida es, en ocasiones, la única posible, debido a la dificultad de construir presas en las pendientes tan pronunciadas de las montañas próximas a la costa. Tiene el inconveniente de

aumentar la velocidad de propagación de la onda de avenida y reducir la laminación, por lo que empeora la situación aguas abajo. Los diques de protección se han empleado fundamentalmente en el centro de Europa, donde se construyeron hace siglos para evitar la inundación de las planas inundables de los grandes ríos europeos y así poder aprovechar mejor dichos terrenos. La protección del suelo y la reforestación es, como ya se ha mencionado, muy importante en los países de la Europa mediterránea para reducir las avenidas pequeñas e intermedias así como para controlar la erosión.

Las medidas no estructurales han ido ganando importancia en las últimas décadas y su empleo está actualmente en aumento en todos los países europeos. Su objetivo no es reducir la frecuencia o la intensidad de las avenidas sino minimizar los daños que éstas producen. Entre los principales tipos de medidas no estructurales se encuentran el establecimiento de criterios y normas de edificación, la planificación del uso de las zonas inundables, los seguros y los sistemas de predicción y alarma.

La planificación del uso de las zonas inundables ha sido insuficientemente empleada en los países europeos debido principalmente a la dificultad para coordinar a todas las administraciones implicadas.

Los sistemas de predicción y alarma incorporan herramientas que permiten predecir las avenidas a partir de los datos de lluvias, caudales, niveles en embalses, etc, de tal forma que se pueda conocer con la máxima antelación posible la llegada de una avenida y alertar a la población.

En Portugal, las medidas de alerta y evacuación se aplican, solamente, en los grandes ríos, como por ejemplo el Tajo y el Duero, donde existe un método simplificado de predicción de los niveles de agua alcanzados en los días siguientes a la avenida (Soromenho y Alzira, 1996).

Las medidas adoptadas en Francia han consistido en la realización de un plan de 10 años para la prevención de desastres naturales y la monitorización de 16.000 kilómetros de río a través de 54 servicios de alerta de avenidas. Dicho sistema de alerta ha sido progresivamente modernizado durante los años ochenta para mejorar la recogida e interpretación de los datos hidrológicos.

En Grecia existe, bajo el nombre de *Xenocrates*, un plan general para la prevención, mitigación y control de riesgos naturales donde se incluyen las avenidas. Este plan constituye una guía para la colaboración y coordinación de autoridades y organizaciones de servicio público, los cuales tienen responsabilidades en situaciones de control de emergencia (Koutsoyiannis y Mimikou, 1996).

En España se ha desarrollado un sistema de predicción y alarma denominado SAIH (Sistema Automático de Información Hidrológica) que ya está instalado en aproximadamente el 50% del territorio. Este sistema proporciona a los

Organismos de cuenca información hidrológica en tiempo real y predicciones de caudales a corto plazo (MOPTMA-CEH, 1995).

Entre las actuaciones de carácter integral en materia de defensas frente inundaciones que están siendo realizadas en España en la actualidad cabe destacar el *Plan Global frente a inundaciones en la Ribera del Júcar* (CHJ, 2000). La no consideración hasta fechas muy recientes del fenómeno de las inundaciones en la ordenación de los núcleos urbanos que se asientan en la llanura del Júcar, ha propiciado que fundamentalmente la Administración Hidráulica haya acometido acciones de tipo estructural. Sirva como ejemplo que como consecuencia de la avenida catastrófica de octubre de 1982, que produjo la rotura de la presa de Tous, se construyeran la nueva presa de Tous en el río Júcar, la de Bellús en el río Albaida y la de Escalona, en el río del mismo nombre (CHJ, 1985). La realización de estas presas ha contribuido a que se produzca una disminución muy significativa de la frecuencia y magnitud de las crecidas en la Ribera. Sin embargo, a pesar de esta nueva situación, los posibles vertidos de las presas más las escorrentías naturales de las cuencas no controladas, son todavía capaces de producir inundaciones en el territorio (Estrela y Jimenez, 1999).

En la actualidad era obvio que si se desarrollaba un nuevo Plan de Defensas en la Ribera del Júcar, éste debería tener un carácter global, y combinar, con el menor impacto ambiental, social y económico, medidas de defensa estructurales y no estructurales. El Plan debería además contar con la participación de todos los agentes implicados.

El Plan se ha estructurado en una serie de programas. Las actuaciones estructurales incluyen los programas de estructuras de laminación, acondicionamiento de cauces, restauración hidrológico forestal y mejora de drenaje de las vías de comunicación, mientras que las no estructurales incorporan los programas de cartografía de riesgo, actuación en protección civil, ordenación territorial y seguros.

La ejecución de las actuaciones incluidas en los distintos programas requiere en general una coordinación entre distintas administraciones, no siendo un tema sencillo delimitar los correspondientes aspectos competenciales. En el Plan se define un esquema de coordinación de las distintas actuaciones, definiendo de forma tentativa los organismos que pueden llevar la iniciativa y aquellos que deben colaborar de forma activa.

## **7.10 La gestión de la calidad**

### *7.10.1 El buen estado de las aguas. Estrategias de actuación*

Uno de los principales objetivos que persigue la propuesta de Directiva Marco en materia de Aguas es que los Estados miembros alcancen lo que denomina el

*buen estado de las aguas*, lo que implica no sólo un buen estado físico-químico de las aguas, sino también ecológico en el caso de las aguas superficiales y cuantitativo en el de las aguas subterráneas.

La búsqueda del buen estado ecológico y físico-químico de las aguas hace que la reducción o eliminación de la contaminación de las aguas deba ser un objetivo prioritario en las políticas del agua de la UE y de los Estados miembros.

Los instrumentos de los que actualmente se dispone para reducir o eliminar la contaminación son: el mejor conocimiento del estado de la calidad mediante las redes de medida, las normas emitidas por los Estados miembros y por la Comisión Europea encaminadas a la reducción de las emisiones de sustancias contaminantes al agua y a la reducción de la contaminación producida por las distintas actividades, los instrumentos económicos para incentivar la protección de las aguas y la eliminación de las emisiones, la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, la prevención de la contaminación difusa, etc.

A continuación se describen cada una de las estrategias anteriores.

#### *7.10.2 El conocimiento del estado de las aguas*

La Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) ha diseñado y puesto en marcha una red de información sobre el agua denominada EUROWATERNET. Esta red incorpora información sobre cantidad y calidad del agua necesaria para evaluar el estado de los recursos de agua en Europa y como éstos responden (en el espacio y en el tiempo) a las presiones y a las políticas y medidas medio-ambientales adoptadas.

La red está basada en las redes nacionales ya existentes y se está diseñando para ofrecer una visión representativa de la situación de los recursos de agua a escala europea, asegurando la comparabilidad de los datos. El diseño está basado en los siguientes criterios (EEA, 1996b y EEA, 1996d):

- La red debe ser representativa en tamaño, número y tipo de las masas de agua existentes en el área cubierta por la EEA y de las variaciones de las presiones (ej: población, usos de suelo, etc).
- En el caso de los ríos, deben existir estaciones de referencia, representativas y de impacto y estaciones de control de flujo (descarga en el mar o a otros límites internacionales).
- Para lagos, deben incluirse lagos representativos y de referencia y si es necesario una red de impacto con lagos seleccionados a partir de la densidad de población, incluyendo además los lagos mas importantes, a escala nacional.

- La red de aguas subterráneas deberá estar formada por una red general de vigilancia con estaciones representativas de los acuíferos más importantes, a escala nacional.

El diseño y la puesta en marcha de la red ha pasado por diferentes fases. En este momento se encuentran bastante avanzados los aspectos relacionados con la calidad del agua (EEA, 1996e, ver Figura 111) y se están empezando a poner en marcha los aspectos relacionados con la cantidad.

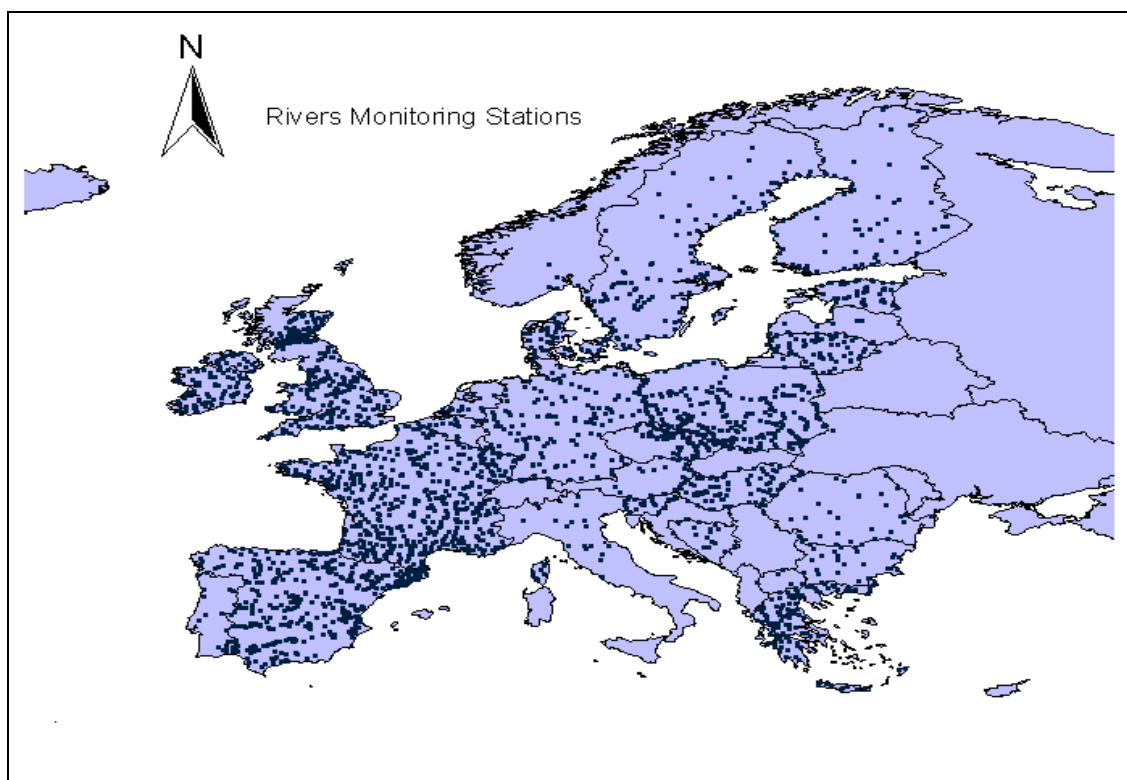


Figura 111. Red de medida de calidad de las aguas en ríos de EUROWATERNET

### 7.10.3 *Los instrumentos legislativos*

El instrumento básico para la protección de las masas de agua es la normativa vigente en cada país, de acuerdo a las normas dictadas por sus distintas administraciones o por la Comisión Europea. En general, la mayor parte de la normativa vigente en los países mediterráneos procede de actos legislativos emanados desde la Unión Europea, los cuales han sido en su mayoría traspuestos al ordenamiento jurídico de los distintos Estados.

La reciente Directiva Marco del Agua establece en su artículo 11 un programa de medidas a adoptar por los Estados miembros para la protección y conservación de las masas de agua. En su artículo 16 define las estrategias para combatir la contaminación de las aguas. En este artículo se dice que el Parlamento europeo y el Consejo adoptarán medidas específicas contra la

contaminación de las aguas para los contaminantes que presenten un riesgo significativo para el medio ambiente acuático, incluyendo dentro de estos riesgos a las aguas potables. Para estos contaminantes las medidas se dirigirán a reducir progresivamente las emisiones, vertidos y pérdidas de las denominadas sustancias prioritarias y a cesar o eliminar éstas en el caso de que sean peligrosas.

En los últimos años la UE ha producido un gran número de directivas relacionadas con la calidad de las aguas (Tabla 60), muchas de las cuales ya se han ido mencionado a largo de los anteriores capítulos. Durante los años 70 se produjo una primera oleada de directivas, cuya característica principal era establecer unos objetivos de calidad de las aguas en función de los usos. Una segunda oleada se produjo durante los años 80, más centrada en el control y limitación de las emisiones de determinadas sustancias. Ya en los años 90 se produce una tercera y última oleada, cuya finalidad principal es prevenir y proteger las aguas de forma más integrada y remediar situaciones de contaminación. También se produce la revisión de algunas de las Directivas más antiguas.

Referencia	Denominación	Característica
75/440/CEE	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	Objetivo calidad
76/160/CEE	Calidad de las aguas de baño	Objetivo calidad
76/464/CEE	Contaminación por determinadas sustancias peligrosas	Norma de emisión y objetivo de calidad
78/659/CEE	Aguas continentales aptas para la vida de los peces	Objetivo calidad
78/176/CEE, 82/883/CEE y 83/29/CEE	Residuos de la industria de Titanio	Norma de emisión y objetivo de calidad
79/869/CEE	Medición y frecuencia de muestreo y análisis de las aguas potables	Objetivo calidad
79/923/CEE	Aguas para cría de moluscos	Objetivo calidad
80/68/CEE	Protección de las aguas subterráneas por sustancias peligrosas	Objetivo de calidad
80/778/CEE	Aguas destinadas al consumo humano	Objetivo calidad
82/176/CEE y 84/156/CEE	Mercurio	Norma de emisión y objetivo de calidad
83/513/CEE	Cadmio	Norma de emisión y objetivo de calidad
84/491/CEE	Hexaclorociclohexano	Norma de emisión y objetivo de calidad
86/280/CEE	Tetracloruro de carbono y otras sustancias peligrosas (lista I)	Norma de emisión y objetivo de calidad
88/347/CEE	Aldrin y otras sustancias peligrosas (lista I)	Norma de emisión y objetivo de calidad
90/415/CEE	1,2 - Dicloroetano y otras sustancias peligrosas	Norma de emisión y objetivo de calidad
91/271/CEE	Tratamiento de Aguas Residuales y Urbanas	Norma de emisión
91/676/CEE	Protección de las aguas a la contaminación por nitratos en agricultura	Norma de emisión
96/61/CE	Prevención y control integrados de la contaminación	Norma de emisión y objetivo de calidad
98/15/CE	Tratamiento de Aguas Residuales y Urbanas (revisión)	Norma de emisión
98/83/CE	Aguas destinadas al consumo humano (revisión)	Objetivo de calidad

Tabla 60. Directivas de la Unión Europea relacionadas con la calidad de las aguas

Una vez definido un uso potencial para un tramo de río o acuífero se deberán cumplir al menos las condiciones impuestas por las Directivas de la UE en lo referente a la calidad mínima exigida al agua para los usos de abastecimiento urbano, vida piscícola y baño, sin olvidar las obligaciones que sobre objetivos de calidad y control de vertidos imponen las Directivas europeas sobre normas de emisión, o las limitaciones en el medio receptor de las sustancias tóxicas y peligrosas.

Por otra parte, suele ser habitual que los países definan unos objetivos de calidad por tramo de río.

En España los Planes Hidrológicos de cuenca contienen los objetivos de calidad que deben alcanzarse en cada río o tramo de río en relación con los usos

previstos para las aguas. En Francia, en 1978 el Ministerio de Medio Ambiente emitió una circular por la cual cada departamento debía definir objetivos de calidad para cada tramo de río con el fin de establecer las correspondientes limitaciones a los vertidos aguas arriba. Cada Plan de Cuenca debe fijar los objetivos generales de protección de las aguas superficiales y subterráneas. Las normas de calidad y las medidas necesarias para la preservación y restauración de la misma deben establecerse en función de sus diferentes usos.

#### *7.10.4 Los instrumentos económicos*

El V Programa Ambiental de la UE aconseja la utilización de incentivos económicos y fiscales para la consecución de objetivos netamente ambientales (UE, 1993). Entre los instrumentos económicos existentes cabe mencionar (Ruiz, 1998):

- las tasas e impuestos. De conformidad con el *principio de quien contamina paga*, estas tasas deberían adaptarse progresivamente para disuadir de la contaminación en la fuente y fomentar unos procesos de producción limpios mediante reacciones adecuadas del mercado.
- las deducciones fiscales y subvenciones, para fomentar las inversiones que tengan como objetivo la prevención de la contaminación.
- los incentivos fiscales que favorezcan el consumo ecológico o que potencien determinados comportamientos sensibles con el medio ambiente.
- el empleo de auditorías ecológicas.
- la responsabilidad compartida, asegurando que si se produce un daño éste se remediará debidamente mediante un mecanismo de compensación.

#### *7.10.5 El control de los vertidos urbanos e industriales*

Una de las estrategias fundamentales para la lucha contra la contaminación es su control en el origen. La gestión de los vertidos deberá optar por aquella solución, combinación de normas de emisión (límites de emisión y objetivos de calidad) y de impuestos y tasas que se aproxime a ese punto ideal en que las cargas asumidas por los particulares compensan los beneficios ambientales disfrutados por la sociedad.

Como ya se ha mencionado con anterioridad, existe un gran número de Directivas, cuya finalidad principal es ordenar los vertidos urbanos e industriales, como la 76/464 sobre contaminación por sustancias tóxicas y peligrosas, las 82/176, 83/513, 84/156, sobre metales pesados, las 84/491, 86/280, 88/347, o 90/415 sobre compuestos orgánicos, etc. Esta legislación comunitaria se ve complementada por las respectivas legislaciones nacionales.

En Portugal todos los vertidos deben estar debidamente autorizados. La legislación portuguesa actual en materia de vertidos a las aguas superficiales



viene definida, fundamentalmente, por el Decreto-Ley 109/91, que regula las autorizaciones para el establecimiento de actividades industriales. Aunque el INAG es quién tramita las correspondientes autorizaciones de vertidos, sin embargo, la Inspección General de Ambiente (IGA), es la responsable de asegurar el cumplimiento de los vertidos autorizados y de ejecutar las normativas vigentes.

En España, la ordenación de vertidos está regulada en la Ley de Aguas, en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, en la Orden Ministerial de 23 de diciembre de 1986 y en el Real Decreto 484/1995, sobre medidas de regularización y de control de vertidos. Merece una mención destacada el artículo 6 de este Decreto, dedicado a los Planes Sectoriales de Regularización. En este sentido, *la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas (DGOHCA) en colaboración con las Confederaciones Hidrográficas, podrá convenir y aprobar planes sectoriales estratégicos de ámbito nacional o superior al de una cuenca hidrográfica que serán equivalentes, para todas las industrias del sector, a los Planes de Regularización específicos para un único vertido.*

En Francia, las principales normativas referentes a los vertidos al agua la constituyen la Ley 663/76 sobre Instalaciones Clasificadas para la Protección del Medio Ambiente, en cuanto a la ordenación de vertidos y la Ley 3/92 sobre el Agua. En cuanto a la calidad del recurso, la Ley 663/76 considera a las industrias e instalaciones que puedan representar un peligro a la salud pública, la seguridad a la protección de la naturaleza y del medio ambiente como instalaciones clasificadas y están sometidas a autorización del prefecto. Por otra parte, la Ley 3/92 sobre el Agua dispone que todas las instalaciones no consideradas como clasificadas, que sirvan al desarrollo de alguna actividad pública o privada con fines no domésticos y que supongan un riesgo para el medio acuático, deberán estar autorizadas. En la autorización se determinan las prescripciones necesarias para la protección de la calidad del agua, los controles técnicos necesarios y las medidas a tomar en caso de accidente.

#### *7.10.6 La prevención frente a la contaminación agrícola*

Una característica de la actividad agrícola es que se desarrolla sobre grandes extensiones del territorio y por tanto produce una contaminación difusa en las aguas superficiales y subterráneas.

Las sustancias más comunes que se encuentran en las aguas en relación con esta contaminación difusa pertenecen al grupo de los fertilizantes y de los plaguicidas.

Es evidente, por una parte, la dificultad de controlar o limitar las emisiones de contaminantes de cada parcela agrícola, como se hace con las fuentes de contaminación puntuales y por otra, la necesidad de prevenir en origen, actuando sobre la fuente contaminante.

El control de la contaminación difusa sólo puede lograrse, por tanto, mediante medidas preventivas tales como la limitación de la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, mediante el establecimiento de códigos de buenas prácticas, la limitación en la aplicación de estiércol, etc. De este tipo son las medidas que propone la Directiva 91/676, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos de origen agrícola. Esta Directiva requiere de los Estados Miembros:

- identificar áreas vulnerables a la contaminación por nitratos.
- establecer Programas de Acción que regulen la tasa de fertilizante y el momento de aplicación del abono y las condiciones de almacenamiento de éste en las zonas vulnerables.
- implementar programas de medida para evaluar la efectividad de los programas de acción.
- establecer códigos de buenas prácticas agrícolas para la implementación voluntaria por los agricultores.

El impacto de esta Directiva depende en gran medida de la interpretación de los requerimientos anteriores por los Estados miembros, especialmente en lo que se refiere a zona vulnerable.

También conviene mencionar que la Directiva 86/278/CEE regula la aplicación de lodos de depuración en agricultura.

#### *7.10.7 Los sistemas de alcantarillado y las plantas de tratamiento de las aguas residuales*

Es evidente que la utilización del agua en las aglomeraciones urbanas produce un empeoramiento de su calidad cuando ésta retorna al ciclo hidrológico.

Los sistemas de alcantarillado de los núcleos urbanos tienen por objeto recoger estas aguas residuales, transportarlas y verterlas, o bien directamente a los ríos o, lo que cada vez es más corriente, a una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas, donde esos retornos se depuran antes de su vertido. Estas plantas suelen ser públicas y se gestionan municipalmente y por tanto tratan los caudales de toda, o de una parte importante, la aglomeración urbana.

Por otra parte, los retornos de las aguas utilizadas por las industrias también sufren un deterioro importante de su calidad. Estas emisiones pueden ir directamente a los ríos, o ser previamente pretratadas en una planta de tratamiento de aguas residuales industriales. Estas plantas suelen ser privadas y depuran las aguas de cada industria de forma individual. Los vertidos industriales pueden, una vez pretratados, ir a una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas.

Una de las fuerzas impulsoras que ha llevado a que los países europeos y muy particularmente los mediterráneos, hayan visto un gran aumento de la población conectada a los sistemas de alcantarillado y depuración ha sido la implantación de las Directivas 91/271/CEE sobre Depuración de Aguas Residuales Urbanas y la Directiva 98/15/CE, que la modifica.

La Directiva 98/15/CE se preocupa de la recogida, tratamiento y emisión de las aguas residuales urbanas y del tratamiento y emisión de las aguas residuales de ciertos sectores industriales. Su objetivo principal es proteger el medio ambiente de los efectos adversos de las emisiones de aguas residuales.

Para alcanzar este objetivo obliga a los Estados miembros a tener sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales en todas las aglomeraciones mayores de 2.000 habitantes equivalentes, significando 1 habitante equivalente la carga orgánica biodegradable que tiene una DBO<sub>5</sub> de 60 g/día.

También determina que los vertidos industriales deben ser adecuadamente pretratados antes de ser recogidos en la red pública de colectores, de manera que tengan unas características similares a las aguas residuales urbanas, asegurándose de este modo un correcto funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas.

Alrededor de un 90% de la población de los países de la UE está conectada a un sistema de alcantarillado y cerca del 70% a plantas de depuración de aguas residuales urbanas. Sin embargo, existen algunas diferencias regionales. Mientras que en los países del norte la proporción de la población conectada a plantas de depuración es más del 90%, en los países mediterráneos varía entre el 50-80% (EEA, 1999b).

En la Figura 112 se muestra, para el año 1995, la proporción de la población conectada a un sistema público de alcantarillado y depuración, en comparación con la población sólo conectada a una red pública de alcantarillado o no conectada a ninguna. En esta figura se compara la situación promedio de los países de la UE frente a la de los países mediterráneos y a su promedio, observándose que en éstos todavía existe una fracción importante de población sin conectar o sólo conectada a la red de alcantarillado.

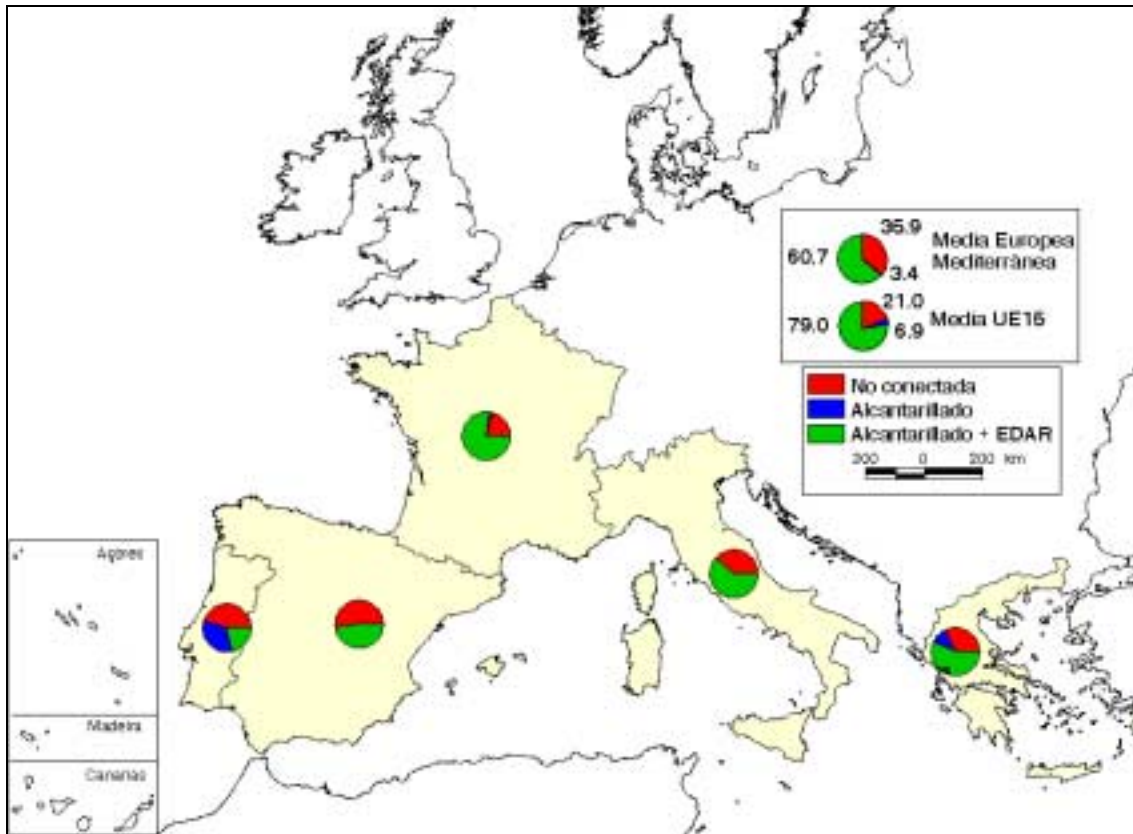


Figura 112. Población (%) conectada a una red pública de saneamiento (alcantarillado+EDAR), a una red pública de alcantarillado o no conectada a ninguna red. Nota. EDAR: Estación de depuración de aguas residuales. Fuente: OECD/EUROSTAT Joint Questionnaire 1998.

La Figura 113 muestra la evolución del porcentaje de la población conectada a una red de alcantarillado y a una EDAR en cada país mediterráneo y en la UE. La evolución seguida en los últimos años muestra el enorme esfuerzo realizado en esta materia tanto en la UE como en los países mediterráneos. Grecia y España han pasado, por ejemplo, del 0 % y 20 %, respectivamente, a cifras del orden del 50% en menos de 20 años. La media de la Unión Europea, que partía de una situación mucho más favorable, también ha mostrado una evolución favorable, pasando del 50 % en 1980 a más del 70% en el año 1995.

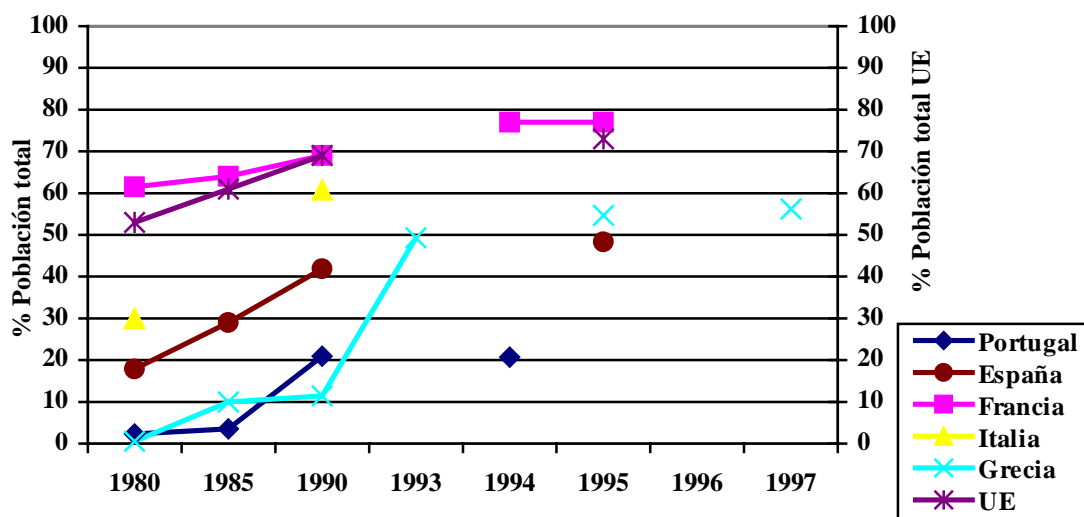


Figura 113. Evolución de la población (%) conectada a una red pública de alcantarillado + EDAR. (Fuente: OECD, 1999).

Notas a la Figura:

Grecia: La población conectada a tratamiento primario ha variado del 0.7% al 32% y del 0.5% al 14% a tratamiento secundario. Un 9.6% de la población está conectada a tratamiento terciario en 1997.

Portugal: En 1994 un 3.8% de la población estaba conectada a tratamiento primario, un 15.6% a tratamiento secundario y un 1.3% a tratamiento terciario.

España: Según los datos del LBAE, en 1995 había un total de 85 Mhab-eq conectados a EDAR y 11.5 Mhab-eq con EDAR en construcción. El número de instalaciones de tratamiento primario era de 2.007, de tratamiento secundario de 1.217 y 29 instalaciones de tratamiento terciario. (2 hab-eq  $\approx$  1 hab)

En cuanto a los tipos de tratamiento de las aguas residuales urbanas, en la Tabla 61 se muestra la relación entre éstos y la eficiencia en la reducción de los contaminantes.

Tipo de tratamiento	Definición técnica	Eficiencias en el tratamiento (%)				
		TSS	DBO	DQO	N	P
Primario	Directiva 98/15	>50	>20			
Secundario	Directiva 98/15		70-90	<75		
Terciario			>95	>85		
Terciario con tratamiento biológico y/o químico avanzado para extracción de nutrientes			>95	>85	70-80	>80

Tabla 61. Tipos de tratamiento de aguas residuales y eficiencia en la reducción de contaminantes.

La regla general para el nivel de depuración es la adopción de tratamiento secundario (p.e. tratamiento biológico). Sin embargo se debe adoptar el tratamiento terciario en las áreas que hayan sido definidas como áreas sensibles por los Estados miembros, de acuerdo con los criterios de la Directiva 98/15/CE. Se puede adoptar tratamiento primario en algunas áreas definidas como menos sensibles, por verter a zonas costeras.

En la Figura 114 se muestra el porcentaje que representa cada sistema de tratamiento en dos áreas de la UE, la de la Europa del Sur y la Europa del Norte y Central. Se observa que en los países mediterráneos se registra una mayor proporción de aguas sin tratamiento, a la vez que el sistema de depuración predominante es el secundario, sin apenas utilización de la depuración terciaria, frente a los países del norte europeo, donde predomina este último sistema.

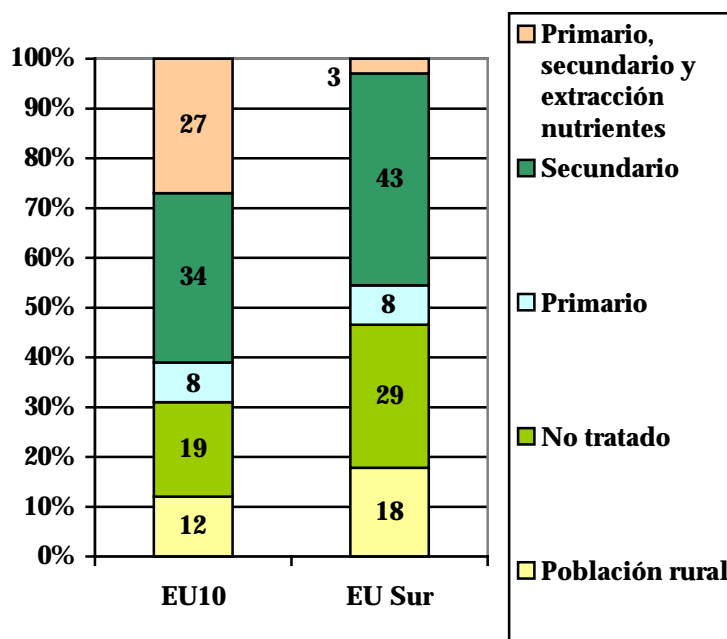


Figura 114. Porcentaje de utilización de los distintos tipos de tratamiento de las aguas residuales en los países europeos entre los años 1980/85 y 1990/95 (Fuente: EEA, 1998)

Notas a la Figura:

Población rural es la población no conectada a un sistema de alcantarillado.

EU Sur: Portugal, España, Francia, Italia y Grecia.

EU10: Dinamarca, Finlandia, Holanda, Luxemburgo, Reino Unido + EU Sur.

Los países del Sur de Europa tienen, con carácter general, densidades de población más bajas que el resto de los de la UE, especialmente cuando se excluyen las grandes metrópolis. Esa es una de las principales razones por la que una fracción significativa de la población se sirve de sistemas de evacuación descentralizados, como los tanques sépticos, los cuales se permiten por la Directiva 91/271 (Barraqué, 2000).

También conviene mencionar que en muchas ocasiones los sistemas colectores de aguas, no tienen capacidad para la recogida y tratamiento de las aguas residuales y las procedentes de lluvia conjuntamente. Esto da lugar a que, en zonas más propensas al aumento de los caudales por el agua de lluvia, se produzca una pérdida de funcionalidad del sistema colector y de las plantas

depuradoras, originando un aumento de la contaminación en el sistema acuático.

En algunas de las plantas depuradoras inspeccionadas por la Comisión Europea, se han encontrado fallos en su capacidad de depuración por el incremento del caudal debido a las crecidas, al no disponer de redes recolectoras de lluvias y aguas negras separadas, por falta de presupuesto suficiente.

Los datos recientes muestran que, si se desea alcanzar los niveles de calidad del agua previstos por la Directiva 91/271/CEE y la 98/15/CE que la modifica, se deben construir o renovar más de 40.000 depuradoras en la Unión Europea. El coste que supone para las economías nacionales la transposición de la Directiva es muy difícil de estimar, siendo para Francia alrededor de 12.500 Millones de Euros, para Grecia sobre 1.000 Millones de Euros, para Portugal unos 1.300 Millones de Euros y para España (sólo para las regiones enmarcadas en el Objetivo 1 de los Fondos Estructurales) unos 5.500 Millones de Euros.

#### *7.10.8 Las emisiones al mar Mediterráneo. El Plan de Acción para el Mediterráneo (PAM) y el convenio de Barcelona*

Las características hidrográficas y ecológicas particulares del mar Mediterráneo hicieron que en una reunión intergubernamental celebrada en Barcelona en febrero de 1975 a la que acudieron 16 estados ribereños y la Comunidad Económica Europea se aprobara un *Plan de Acción para la protección y el desarrollo en la cuenca mediterránea (PAM)*.

El PAM consta de cuatro capítulos (MIMAM, 1996):

- Planificación integrada del desarrollo y la gestión de los recursos de la cuenca del Mediterráneo. Incluye el Plan Azul (análisis prospectivo de la relación entre medio ambiente y desarrollo), el Programa de Acciones Prioritarias (PAP), la Declaración de Génova sobre el segundo decenio del Plan de Acción para el Mediterráneo y el Programa de Ordenación de la zona costera (POZOC).
- Programa coordinado de investigación y vigilancia de la contaminación en el Mediterráneo (MEDPOL).
- Marco jurídico: Convenio de Barcelona y protocolos anexos.
- Consecuencias institucionales y financieras.

Un año después de la aprobación del PAM se adoptaron 3 instrumentos jurídicos, entre los que destaca en cuanto a su especial incidencia en la emisión de contaminantes al mar, el denominado *Convenio para la protección del mar Mediterráneo contra la contaminación (Convenio de Barcelona)*. Este Convenio, firmado en Barcelona por catorce estados y la CEE, entró en vigor en febrero de 1978.

Los países de la cuenca mediterránea se comprometían en el Convenio de Barcelona a adoptar todas las medidas necesarias para *prevenir, reducir y combatir la contaminación de la zona del mar Mediterráneo y para proteger y mejorar el medio marino en dicha zona* (art. 4). En su art. 8, el Convenio implicaba a las partes contratantes en la toma de medidas para *prevenir, reducir y combatir la contaminación de la zona del mar Mediterráneo causada por desagües de ríos, establecimientos costeros o emisarios o procedente de cualesquiera otras fuentes terrestres situadas dentro de sus respectivos territorios*.

El incremento de las actividades humanas en la cuenca mediterránea, en particular la industrialización y urbanización de su zona costera, así como el incremento estacional de la población debido al turismo llevó a la firma de un Protocolo adicional en 1983.

En este protocolo se reconocía los problemas de contaminación en las zonas costeras del Mediterráneo debidos a la falta de tratamiento adecuado de los vertidos urbanos e industriales, con el consecuente deterioro de la calidad del medioambiente marino de la zona y el peligro para la salud humana (ver Tabla 62). Este protocolo se aplica a los vertidos contaminantes procedentes de tierra, bien sea de forma directa al mar, o bien indirectamente a través de los cursos de agua.

País	Número de ciudades costeras		Número de ciudades costeras con datos		Total de aguas residuales (hm <sup>3</sup> /año)	Aguas residuales no tratadas (hm <sup>3</sup> /año)	% aguas residuales no tratadas /aguas residuales totales
	pob >100.000	10.000< pob <100.000	pob >100.000	10.000< pob <100.000			
España	12	62	12	62	589,29	180,62	0,31
Francia	5	30	5	24	361,00	47,70	0,13
Italia	19	140	8	7			
Grecia	4	31	4	31	520,26	226,36	0,44

Tabla 62. Vertido de aguas residuales municipales al mar Mediterráneo. Fuente:WHO/UNEP, 1997 (ETC-MCE, 1998)

Las partes contratantes están obligadas a eliminar de los vertidos las sustancias contenidas en el Anexo I del Protocolo, al considerarse peligrosas por su toxicidad, persistencia o bioacumulación, entre los que se incluyen los compuestos organohalogenados, los compuestos orgánicos del estaño (organotines) y los compuestos de mercurio y cadmio y a reducir estrictamente las sustancias contenidas en el Anexo II, entre las que se incluyen 20 elementos contemplados en la Directiva 76/464/CEE, además de aceites crudos e hidrocarburos y los compuestos inorgánicos del fósforo.



## 7.11 La planificación hidrológica

El principio de la Carta Europea del Agua de 1968 ya recoge el principio de la planificación hidrológica diciendo que *para una adecuada Administración del agua es preciso que las autoridades competentes establezcan el correspondiente Plan*. Al aumentar la escasez del recurso para satisfacer las demandas y requerimientos ambientales existentes, sobre todo en las zonas más secas de los países mediterráneos, se acrecienta la necesidad de intervención pública en la regulación del mismo.

Aunque la planificación en sí denota una mayor intervención de la Administración, ésta en la práctica dependerá del contenido de los planes, de la fuerza vinculante que a ellos se otorgue y, en definitiva, del mayor o menor grado de aplicación que tengan. La planificación, a la vez que constriñe, aporta garantía a los administrados, al permitirles conocer las medidas y los comportamientos que la Administración se compromete a llevar a cabo (MIMAM, 1998).

Todos los países mediterráneos están inmersos, en mayor o menor grado, en procesos de planificación hidrológica.

En Portugal, mediante Decreto Ley aprobado en 1994, se requiere al INAG y a las DRAOT a que preparen quince planes de cuenca que cubran todo el territorio nacional, así como un Plan Hidrológico Nacional. Este Plan tiene entre sus cometidos, por ejemplo, coordinar con España las medidas de gestión en las cuencas de los ríos internacionales.

En España la elaboración de planes para resolver problemas hídricos ha sido una constante a lo largo de muchos años y en momentos políticos, económicos y sociales muy distintos. El proceso de redacción de los Planes de cuenca previstos en la Ley de Aguas de 1985 no ha estado concluido en su totalidad hasta 1997, doce años después. El periodo de tiempo consumido por el proceso muestra que éste ha sido lento, complejo, sumamente laborioso y, desde luego, mucho más dilatado de lo que hubiera sido deseable.

En la actualidad acaba de ser presentado al Consejo Nacional del Agua el Plan Hidrológico Nacional (PHN), que a diferencia de otros planes hidrológicos anteriores va a tener carácter normativo, al ser una ley. Por otra parte y con relación a su contenido, no pretende únicamente ser un Plan de obras públicas, aunque la planificación hidrológica haya sido históricamente una planificación de obras.

Los contenidos preceptivos de este Plan aparecen acotados con precisión en la propia Ley de Aguas y son: las medidas necesarias para la coordinación de los diferentes Planes Hidrológicos de Cuenca, la solución para las posibles alternativas que aquéllos ofrezcan, la previsión y las condiciones de las

transferencias de recursos hidráulicos entre ámbitos territoriales de distintos Planes Hidrológicos de Cuenca y las modificaciones que se prevean en la planificación del uso del recurso y que afecten a aprovechamientos existentes para abastecimiento de poblaciones o regadíos.

Conviene mencionar que la Ley 46/1999, que modifica la Ley de Aguas de 1985, refuerza a la vez que reorienta el papel de la planificación hidrológica diciendo que ésta tendrá por objetivos generales conseguir el buen estado ecológico del dominio público hidráulico y la satisfacción de las demandas de agua, el equilibrio y armonización del desarrollo regional y sectorial, incrementando las disponibilidades del recurso, protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando sus usos en armonía con el medio ambiente y los demás recursos naturales.

En el caso de Francia, existen dos niveles de planificación en la cuenca, el SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux, Esquema director de planificación y gestión de las aguas) a escala de la Agencia del Agua y el SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux, Esquema de planificación y gestión de las aguas) a escala de cuenca o acuífero. La planificación se lleva a cabo por consenso, pero una vez que se ha producido un acuerdo, los planes son legalmente vinculantes y constituyen la base para la toma de decisiones de un amplio abanico de agentes.

El SDAGE tiene una duración del orden de 15 años, aunque debe de ser revisado cada cinco años (Correia, 1998b). Es un acto reglamentario que presenta dos características esenciales: no crea derechos, aunque determina las infraestructuras necesarias para alcanzar los objetivos del Plan. Existen 6 SDAGE (uno para cada una de las 6 agencias) que fueron terminados en 1996.

Los SAGE no son obligatorios sino que los establece el Prefecto correspondiente si los usuarios de las aguas de un río lo deciden (proceso de abajo a arriba).

También a escala de la UE se está desarrollando en la actualidad el marco legislativo de la planificación hidrológica. Tal como ya se ha mencionado en apartados anteriores la Directiva Marco del Agua introduce el concepto de demarcación hidrográfica y dice que los Estados miembros velarán por que se elabore un plan hidrológico de cuenca para cada demarcación hidrográfica situada totalmente en su territorio y en el caso de una demarcación internacional garantizarán la coordinación para elaborar un único plan hidrológico de cuenca.

El plazo máximo establecido para la publicación de los Planes es de diez años desde la entrada en vigor de la Directiva (su aprobación está prevista para el año 2000) y su revisión y actualización a más tardar dieciséis años después de la entrada en vigor de la presente Directiva. Los Estados miembros deberán presentar un informe intermedio que detalle el grado de aplicación del

programa de medidas previsto en el Plan dentro del plazo de tres años a partir de la publicación del plan hidrológico de cuenca o de su actualización.

Finalmente y a modo de resumen en la Tabla 63 se muestran las principales características de la planificación hidrológica en los distintos países seleccionados y las recogidas en la propuesta de Directiva Marco.

País	Plan	Obligatoriedad	Autoridad responsable	Periodo de tiempo	Estado
Portugal	Nacional 15 planes de cuenca	Sí	DRAN/INAG <sup>30</sup>	10 años 8 años	En preparación (en 1994)
España	Nacional y planes de cuenca	Sí	Ministerio Medio Ambiente Organismos de cuenca	Horizontes a 10 y 20 años Revisión cada 8 años	Planes de cuenca aprobados por el Gobierno (a fecha de 1998) Plan Hidrológico Nacional presentado al Consejo del Agua (a fecha de septiembre de 2000)
Francia	SDAGE (Agencia del agua) SAGE (cuenca o acuífero)	Sí	Comité de cuenca. Comisión Local del Agua	15 años revisión cada 5 años	4 planes completados (a fecha de 1994)
Italia Grecia UE (Propuesta de Directiva Marco sobre Agua)	Demarcaciones hidrogáficas nacionales, internacionales e internas a la UE internacionales externas a la UE	Sí	Estados miembros	9 años elaboración y publicación 15 años revisión y actualización	A la espera de la entrada en vigor de la Directiva

Tabla 63. Características de la planificación hidrológica en los distintos países seleccionados y en la UE

<sup>30</sup> Estos planes son supervisados por un Consejo Nacional del Agua y unos Consejos regionales basados en las cuencas

## BIBLIOGRAFÍA

Acreman, M.C. (Ed.), 1999. *Guidelines for the sustainable management of groundwater-fed catchments in Europe*. Report of the Groundwater and River Resources Action Programme on a European Scale (GRAPES) to the EU Commission (ENV4-CT 95-0186). Institute of Hydrology, Wallingford, UK.

AEAS, 1988 *Suministro de Agua Potable y Saneamiento en España (1996)*. V Encuesta Nacional de Abastecimiento, Saneamiento y Depuración. Publ. AEAS, 1998.

Arenillas, M. y C. Sáenz, 1987 *Los ríos. Guía Física de España*. Alianza Editorial. Madrid. 1987.

Barreira, A. y A. Sánchez-Ulloa, 2000. *La evolución de la propuesta de Directiva Marco del Agua*. Seminario sobre La aplicación de la futura Directiva Marco del Agua en España: Retos y Oportunidades. Organizado por IIDMA y Ministerio de Medio Ambiente de España. Madrid 21 y 22 de febrero 2000.

Barraqué, B. 2000. *Comentarios al borrador final del documento Inland Water in the Mediterranean Countries of the EU*. Comunicación personal. septiembre 2000.

Barraqué, B. (ed), 1995. *Les politiques de l' eau en Europe*. Editions la Découverte, coll. Recherches, Paris, 304 pp.

Batini, G. and M. Benedini, 1998. *Drought management and prevention: Italy*. World Meteorological Organization Bulletin, Vol 47, No. 4, October 1998.

Batini, G., M. Benedini, R. Passino and L. Ubertini, 1996. *Management and Prevention of Crisis Situations: Floods, Droughts and Institutional Aspects: Country Paper of Italy*. Third Technical Review. EurAqua, Rome October 23-25, 1996

Benblidia, M., J. Margat and D. Vallée, 1999. *Water, a Central Component in Blue Plan Work for the Mediterranean*. Blue Plan – Water Scarcity in the Mediterranean Soon? – Futuribles, 1999.

Bethemont, J., 1990. *Les transferts inter-bassins en France*, en Los conflictos territoriales por el agua en los estados nord-mediterráneos, Universidad Internacional Menéndez Pelayo, Valencia, del 17 al 21 de septiembre de 1990.

Blöch, 2000. *The EU Water Framework Directive. Taking European Water Policy into the Next Milenium*. Meeting of the Workin Group “Statistics of the Environment”. European Commission. EUROSTAT. 19-20 june 2000. Luxembourg

Cánovas, J, 1998. *Desalación de aguas con fines agrícolas en España*. Revista Ingeniería Civil del CEDEX, nº 110. Abril-Junio, 1998.

Cardelús, B., S. Casado y A. Ortega, 1996. *Un año en la vida de la España salvaje*. Editorial Planeta, Barcelona. España, 1996.

Carmona, A. 1999. *Water Frameworks and Water Resources in Portugal*. A contribution to the Workshop *Overview on Inland Water in the Mediterranean EU Countries*. CEDEX, 15-16 July 1999. Madrid, Spain.

CE, 1999a, *Las Acciones estructurales 2.000-2.006. Comentarios y Reglamentos*. Luxemburgo.

CE, 1999b, *Hacia un desarrollo equilibrado y sostenible del territorio de la UE*. Estrategia Territorial Europea. Acordada en la reunión informal de Ministros responsables de ordenación del territorio en Postdam, mayo de 1999. Publicada por la Comisión Europea.

CE, 1999c, *Bathing water quality. Annual report, 1999 bathing season*. Water quality in the European Union web page: <http://europa.eu.int/water/cgi-bin/bw.pl>

CE, 1997a. *Informe anual del Fondo de Cohesión 1997*. Política Regional y Cohesión. Comisión Europea. ISBN 92-828-5314-4. Luxemburgo. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. Bruselas, 1997

CE, 1997b, *European Spatial development perspective (E.S.D.P). First official draft*. Presented at the informal meeting of Ministers responsible for spatial planning of the member states of European Union. Noordwijk, 9 and 10 June 1997. ISBN 92-828-1499-8. European Communities, 1997

CE, 1997c *Groundwater And River Resources Action Programme on European Scale (GRAPES)*. Contract ENV4-CT95-0186. First Annual Report, Febr, 1997.

CEDEX, 1998a. Realización de coberturas de información relativas a la gestión del agua en países mediterráneos. Informe final. Tomo único. Informe técnico para Institute for Prospective Technological Studies. Madrid. noviembre 1998

CEDEX, 1997. *Estudio sobre el impacto potencial del cambio climático en los recursos hídricos y las demandas de agua de riego en determinadas regiones de España*. Informe técnico para el Ministerio de Medio Ambiente de España. Madrid, julio 1997.

CEDEX, 1994. *Experiencia mundial en trasvases de agua entre cuencas hidrográficas*. Para Dirección General de Obras Hidráulicas. MOPTMA. febrero 1994.

CHJ, 2000. *Plan Global frente a inundaciones en la Ribera del Júcar: Propuesta de actuación*, Julio 2000.

CHJ, 1985. *Plan General de defensa contra avenidas en la cuenca del Júcar (Valencia y otras)*, Mayo 1985.

Comisión Económica para Europa de Naciones Unidas, 1994. *Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes* (English, French and Russian). United Nations. 1994. 47 pp.

COP7 Ramsar, 1999. *Resoluciones de la Convención. San José de Costa Rica*. 1999.

Correia, F. N, 1999. *Water Resources in the Mediterranean Region*. International Water Resources Association. Water International, Volume 24. Number 1. Pages 22-30, March 1999

Correia, F. N, 1998a. *Institutions for Water Resources Management in Europe*. Vol 1. Edited by Francisco Nunes Correia. A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield/1998.

Correia, F. N, 1998b. *Selected Issues in Water Resources Management in Europe*. Vol 2. Edited by Francisco Nunes Correia. A. A. Balkema/Rotterdam/Brookfield/1998.

Correia, F.N,1996. *Water Resources Under the Threat of Desertification*. International Conference on Mediterranean Desertification. Creta, 29 October-1 November, 1996.

CRU, 1998, *Representing twentieth century space-time climate variability. II Development of 1901-96 monthly grids of terrestrial surface climate*. Authors: New, M., Hulme, M., Jones, P Climate Research Unit. School of Environmental Sciences, University of East Anglia. Norwich, NR4 7TJ, United Kingdom.

Custodio, E. 1986, *Recarga artificial de acuíferos*. Boletín de Informaciones y Estudios num. 45. Servicio Geológico. MOPU, 1986.

Chastan, B., 1996. *Management and prevention of crisis situations: floods, droughts and institutional aspects. Country Paper of France*. EurAqua. Third Technical Review. Proceedings Rome, October 23-25, 1996.

Del Moral, L., L. Babiano y C. Giansante, 2000. *Actores, normas, prácticas y discursos en la asignación del agua en sequías. El caso de la cuenca del Guadalquivir*. Seminario sobre las Aguas Subterráneas en la gestión de sequías en España. Proyecto Aguas Subterráneas. Fundación Marcelino Botín. Madrid, 12 y 13 de abril de 2000.

DGS (French Direction Générale de la Santé, Ministère des Affaires Sociales, de la Santé et de la Ville), 1993. *Eaux destinées à l' consommation humaine*.

Qualité des eaux livrées par des unités de distribution desservant plus de 10.000 habitants. Rapport d'enquête. Décembre 1993.

ECSN, 1995. *Climate of Europe. Recent variations, present state and future prospects*. National Meteorological Services. European Climate Support Network (ECSN).

EEA/WHO, 1999. *Water and Health in Europe*, Third Ministerial Conference on Environment and Health. London, June 1999.

EEA, 1999a *Groundwater quality and quantity in Europe*. Environmental assessment report No 3. European Environment Agency. Copenhagen, 1999

EEA, 1999b *Environment in the European Union at the turn of the century*. Environmental assessment report No 2. European Environment Agency. Copenhagen, 1999

EEA, 1999c *Sustainable Water Use in Europe – Part 1: Sectoral Use of Water*. Environmental assessment report No 1. European Environment Agency. Copenhagen, 1999

EEA, 1999d *Lakes and reservoirs in the EEA area* - Topic Report 1/99 ETC/IW

EEA, 1999e Nutrients in European ecosystems. Environmental assessment report No 4. European Environment Agency. Copenhagen, 1999

EEA, 1998. *Europe's Environment. The second Assessment*. Edited by Elsevier Science Ltd. and Office for Official Publications of the European Communities. European Environment Agency, Copenhagen, 1998

EEA, 1996a, *Water resources problems in Southern Europe – An overview report*, T. Estrela, C. Marcuello and A. Iglesias. Topic report 15. 1996. Inland Waters. European Environment Agency. Copenhagen 1997.

EEA, 1996b. *Groundwater Monitoring in Europe* - Topic Report 14/96 ETC/IW

EEA, 1996c. *Human Interventions in the Hydrological Cycle* - Topic Report 13/96 ETC/IW

EEA, 1996d. *European Freshwater Monitoring Network design* - Topic Report 10/96 ETC/IW

EEA, 1996e. *Surface Water Quality Monitoring* - Topic report 2/96 ETC/IW

EEA, 1995. *Europe's Environment. The Dobbris Assessment*. Edited by David Stanners and Philippe Bordeau. Office for Official Publications of the European Communities. European Environment Agency, Copenhagen, 1995

EEA, 1994. *European Rivers and Lakes. Assessment of their Environmental State*. Prepared by Danish Ministry of Environment and Energy. EEA Environmental Monographs 1.

EHC, 1997. *Environment Writer's Chemicals Backgrounders*. Environmental Health Center, Washington, USA. <http://www.crossroads.nsc.org/chemicals.cfm>

EMASESA, 1997a. *Crónica de una sequía 1992-1995*. (con una introd. de M. Palancar). Sevilla, 1997a.

EMASESA. 1997b. *El final de la sequía 1996-1997*. Sevilla, 1997b.

Erhard-Cassegrain, A. y J. Margat, 1983 *Introduction à l'économie générale de l'eau*. Masson. Paris. 1983.

Estevan, A., 1998. *Obstáculos para la difusión de los programas de gestión de la demanda en España*. Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de las Aguas. El agua a debate desde la Universidad. Hacia una nueva cultura del agua. Zaragoza, 14 a 18 de septiembre de 1998.

Estrela, T., F. Cabezas y F. Estrada, 1999. *La evaluación de recursos hídricos en el Libro Blanco del Agua en España*. Revista de Ingeniería del Agua. Volumen 6. nº 2. pág 125 - 138. junio 1999.

Estrela, T y A. Jimenez, 1999, *Aspectos hidráulicos de las inundaciones en la Ribera del Júcar. Seminario sobre estrategias de actuación en la zona inundable de la Ribera del Júcar*. Organizado por Confederación Hidrográfica del Júcar y por las Mancomunidades de las Riberas Alta y Baja del Júcar. Alzira. 29-30 de Marzo de 1999.

ETC-IW, 1999a, *Sustainable Water Use in Europe. Part 2. Demand Management*. European Topic Centre on Inland Waters Report for European Environment Agency.

ETC-IW, 1999b, *Sustainable Water Use in Europe. Part 3. Extreme Hydrological Events: Floods and Droughts. First Draft*. European Topic Centre on Inland Waters Report for European Environment Agency.

ETC-IW, 1998. *Monograph on water resources and human health in Europe*. Draft report ETC-IW, 1998.

ETC-MCE, 1998. *Mediterranean Sea: Environmental State and Pressures*. Final Draft. European Topic Centre on Marine and Coastal Environment. Under contract to EEA. June 1998.



Eurostat, 1999. *Towards Environmental Pressures Indicators for the EU*. First Edition 1999. European Commission. Eurostat Theme 8. Environment and Energy. Luxembourg, 1999.

Eurostat, 1998. *Water in Europe. Part 1. Renewable Water Resources*. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg, 1998

EWRA, 1995. *Water Resources Management under Drought or Water Shortage Conditions*. Nicos X. Tsiourtis (ed.) Balkema. Rotterdam, 1995.

Falkenmark et al, 1999. *Water, a reflection of land use*. Swedish Natural Sciences Research Council. UNESCO-IHP

FAO, 1995, *Yearbook -Production, Vol. 48*. Food and Agricultural Organisation of the United Nations.

Fayas, JA., Novoa, JM, 1998. *La desalación en las islas Baleares*. Revista Ingeniería Civil del CEDEX, nº 110, Abril-Junio, 1998.

Fernández, J., Martínez, J., González, J., 1998. *La desalación en la planificación hidrológica de la isla de Tenerife*. Revista Ingeniería Civil del CEDEX, nº 110. Abril-Junio, 1998.

Financial Times newsletters, 1999 -Global Water Report-, issues 55 a 67. September, 1998 - March 1999.

Garcia, J.L. , R. Myro, A. Martinez, 1997. *Lecciones de economía española*. Tercera Edición. Biblioteca Civitas Economía y Empresa. Colección Economía. Editorial Civitas. Tratados y Manuales, Madrid, 1997.

Gonzalvez, A., 2000, *The portuguese spanish convention on shared river basins: A framework for co-operation on protection of waters and sustainable development*. La aplicación de la futura Directiva Marco del Agua en España. Retos y oportunidades. Madrid 21 y 22 de febrero 2000. Organizado por IIDMA y Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 2000.

Hersch, R.W. and R. W. Fairbridge, 1998. *Encyclopedia of Hydrology and Water Resources*. Kluwer Academic Publishers. Edited by Hersch, R.W. and R. W. Fairbridge.

ICID, 1998. *How to work out a drought mitigation strategy*. DVWK. Guidelines 309/1998. International Commission on Irrigation and Drainage (ICID).

IDA, 1996. *IDA Worldwide desalting plants inventory. Report n° 14*. Prepared and published by Wangnick consulting GMBH. International Desalination Association (IDA) June 1996.

INAG, 1999. *Regadios em Portugal*. Comunicación interna. Instituto da Água. Lisboa

INAG, 1998. *Guia Para a Elaboração dos Planos de Bacia Hidrográfica*. <http://www.inag.pt/snirh/plano/guia>

INE, 1999. *Estadísticas oficiales del año 1999 del Instituto Nacional de Estadística*. Madrid.

IPCC, 1992. *Cambio Climático: evaluación de los impactos. Primer informe de evaluación del IPCC. Vol 2*. Instituto Nacional de Meteorología. España.

ISTAT, 1991. *Acquedotti e retti di distribuzione dell'acqua potabile in Italia – anno 1987*. Istituto Nazionale di Statistica

Jansen, PPH., Bendegom L. van, Berg, van den J., Vries, de M., Zanen, A., 1979. *Principles of river engineering. The non-tidal alluvial river*. Ed. by Pitman Publishing Ld, London, 1979.

Koussis, A.D., 1999. *Water Resources Issues of Greece*. A contribution to the Workshop *Overview on Inland Water in the Mediterranean EU Countries*. CEDEX, 15-16 July 1999. Madrid, Spain.

Koutsoyiannis and Mimikou, 1996. *Management and prevention of crisis situations: floods, droughts and institutional aspects. Country Paper of Greece*. EurAqua. Third Technical Review. Proceedings Rome, October 23-25, 199

López Martos, J. 2000. *Comentarios al borrador final del documento Inland Water in the Mediterranean Countries of the EU*. Comunicación personal. junio 2000.

Lujan, J, 1991. *Eficiencia de los sistemas de riego en España*. Monografías del CEDEX. 1991.

Llamas, R., N.Hernández-Mora y L. Martinez Cortina, 2000. *El uso sostenible de las aguas subterráneas*. Papeles del Proyecto Aguas Subterráneas. Serie A. Uso intensivo de las aguas subterráneas. Fundación Marcelino Botín. Madrid, enero de 2000.

Margat, J., 2000. *Comentarios al borrador final del documento Inland Water in the Mediterranean Countries of the EU*. Comunicación personal. junio 2000.

Margat, J. 1992. *The overexploitation of aquifers*. Selected Papers AIH. Ed. Heiser. Hannover, (Alemania) 1992.

Margat, J y D. Vallée, 1998. *The Mediterranean in figures. Water Resources and Uses in the Mediterranean Countries. Figures and Facts*. Plan Blue. Draft. 1998

Menéndez, M., 2000. *Criterios para una gestión sostenible de los recursos hídricos*. Curso de verano de El Escorial. Septiembre 2000.

Meybeck, M, 1986. *Composition chimique des ruisseaux non pollués de France*. Sci. Géol. Bull. 39: pp. 3-77.

MIMAM, 1999. Estrategia española para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica. MIMAM, 1999.

MIMAM, 1998. *El Libro Blanco del Agua en España*. Ministerio de Medio Ambiente, 1998

MIMAM, 1996. *Convenio de Barcelona para la protección del Mediterráneo*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Serie monografías. Ministerio de Medio Ambiente. Secretaria General de Medio Ambiente.

MOPTMA, 1995. *Estrategía nacional para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica*. Series Monografías MOPTMA.

MOPTMA-CHE, 1995. *Jornadas sobre el SAIH en la gestión hídrica*. Dirección General de Obras Hidráulicas-Confederación Hidrográfica del Ebro. Zaragoza, abril 1995.

OECD, 1999, *Agricultural Water Pricing in OECD countries*, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 1999

OECD, 1998a, *OECD Environmental Data Compendium 1997 (Draft)*, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).

OECD, 1998b, *Industrial Water Pricing in OECD countries (Draft)*, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).

ONU, 1997. *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua*. Mar del Plata. Argentina. marzo 1977. Contribs. españolas en Num. especial de la Revista de Obras Públicas, 3144. abril, 1977.

ONU, 1987. Comisión mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo: Nuestro futuro en común (en inglés). Nueva York, 1987.

Pezzey J.C.V. and G.A. Mill. 1998. *A review of tariffs for public water supply*. Environment Department, University of York. Environment Agency, UK. January 1998.

PLANISTAT, 1998. *A study on water economics – Integrated Report- 7<sup>th</sup> Draft*. A study for the European Commission – DG XI.B.1. 30 September 1998

Prat, N., A. Munne, M. Rieradevall y N. Bonada, 2000. *La determinación del estado ecológico de los ecosistemas acuáticos en España*. La aplicación de la futura Directiva Marco del Agua en España. Retos y oportunidades. Madrid 21 y 22 de febrero 2000. Organizado por IIDMA y Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 2000.

Puigdefábregas, J., 1995. *Erosión y desertificación en España*. El campo, num.132. Servicio de Estudios del BBV. Bilbao, 1995.

Razack, M., Baitelem, M. and Drogue, C., 1990. *Impact of an urban area on the hydrochemistry of a shallow groundwater (alluvial) reservoir, town of Narbonne, France*.

RIVM, 1998. *Socio-economic Data*, Data Source RIVM, 1998.

RIVM-RIZA, 1991. *Sustainable Use of Groundwater. Problems and threats in the European Communities*. Den Haag, 26-27 November 1991. Ministersseminar Groundwater.

Ruiz, J.M., 1998. *Aspectos económicos relacionados con la calidad de las aguas. Aplicación al caso de España*. Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de las Aguas. El agua a debate desde la Universidad. Hacia una nueva cultura del agua. Zaragoza, 14 a 18 de septiembre de 1998.

Sahuquillo, A., 1996. *Posibilidades del uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas en la planificación hidráulica*. Las aguas subterráneas en las cuencas del Ebro, Júcar e Internas de Cataluña y su papel en la planificación hidrológica. Asociación Internacional de Hidrogeólogos-Grupo Español. Actas de las Jornadas de Lleida, 1996.

Sancho, T., 1999. *Organización institucional. Evolución histórica y situación actual de los Organismos de cuenca. Asociaciones de usuarios. Financiación de las infraestructuras hidráulicas*. Master Internacional de Hidrología General. Organizado por el CEDEX. Madrid, 1999

Santafé, J.M., 2000. *La gestión del agua en otros países occidentales de características similares a España. Tendencias en la Unión Europea*. OP. Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. nº 50. Año 2000. Volumen 1.

ScadPlus, 2000a. *Medio ambiente: situación actual y perspectivas*. <http://www.europa.eu.int/scadplus/leg/es/lvb/l28066.htm>

ScadPlus, 2000b. *El Tratado de Amsterdam: instrucciones de uso*. <http://www.europa.eu.int/scadplus/leg/es/lvb/a15000.htm>

Serra, P. C. 1999. *Water Policy and Legislation in Portugal*. A contribution to the Workshop *Overview on Inland Water in the Mediterranean EU Countries*. CEDEX, 15-16 July 1999. Madrid, Spain.

Serra, P. C. 2000. *Comentarios al borrador final del documento Inland Water in the Mediterranean Countries of the EU*. Comunicación personal. junio 2000.

Sivignon, M., 1990. *L'Eau en Grèce, réalités et perspectives*, en *Los conflictos territoriales por el agua en los estados nord-mediterráneos*, Universidad Internacional Menéndez Pelayo, Valencia, del 17 al 21 de septiembre de 1990.

Soromenho J. and M. Alzira, 1996. *Management and Prevention of Crisis Situations: Floods, Droughts and Institutional Aspects: Country Paper of Portugal*. Third Technical Review EurAqua, Rome October 23-25, 1996.

Sumpsi, J.M., 1998. *Efectos de las políticas tarifarias sobre la demanda de agua. Renta agraria y recuperación de costes de la agricultura de regadío en España*. Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de las Aguas. El agua a debate desde la Universidad. Hacia una nueva cultura del agua. Zaragoza, 14 a 18 de septiembre de 1998.

Sumpsi, J.M., A. Garrido, M. Blanco, C. Varela y E. Iglesias, 1998. *Economía y Política de Gestión del Agua en la Agricultura*. Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica. Ediciones Mundi-Prensa. noviembre 1998.

Suzenet, G. 2000. *Comentarios al borrador final del documento Inland Water in the Mediterranean Countries of the EU*. Comunicación personal. junio 2000.

UE, 2000. *Directrices de la Comisión para los programas de Desarrollo Regional 2000-2006*. InfoREGIO. Unión Europea. Política Regional. junio 2000.

UE, 1993. *Resolución del Consejo sobre un programa comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible (1 de febrero de 1993)*

UN, 1990. *Groundwater in Eastern and Northern Europe*. Natural Resources/Water Series nº 24, Department of Technical Co-operation for Development, New York, USA.

UNEP/WHO, 1996. *Survey on pollutants from land-based sources in the Mediterranean Sea*. MAP Technical Reports Series N0. 109 UNEP, Athens, 1996.

UNESCO, 1998. *World water resources – A new appraisal and assessment for the 21<sup>st</sup> century*, Shiklomanov, I., 1998, UNESCO.

UNESCO, 1985. *Caudales de algunos ríos del mundo. Volumen III (parte IV) Caudales mensuales medianos y caudales extremos (1976-1979)*.

University Freiburg, 1999. *Assessment of the Regional Impact of Droughts in Europe*. Second Annual Report 1999.

Varela, M., 1994. *Nitrate contamination of drinking water source*. International Workshop on health aspects of nitrate and its metabolites (particularly nitrite). Council of Europe. RIVM. Bilthoven, 8-10 November 1994.

Varela, M., 1993. *Calidad y contaminación de las aguas subterráneas*. Jornadas sobre las aguas subterráneas. Instituto Tecnológico Geominero de España y Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Pág. 155-173. Madrid, 1993.

WMO, 1997, *Evaluación general de los recursos de agua dulce en el mundo (General evaluation of world freshwater resources)*, in Spanish, Stockholm Environment Institute (ed.). World Meteorological Organisation. 1997

World Bank, 1995a. *Efficiency and Equity considerations in Pricing and Allocating Irrigation Water*, 1995

World Bank, 1995b. *Middle East and North Africa Environmental Strategy Towards Sustainable Development*. Report n°13601-MNA, Washington, February 17, 1995.

WRC, 1997, *International comparison of the demand for water. Three European countries: England & Wales, France and Germany*. January, 1997, UK

WRI, 1997. *Long – Range study on water supply and demand in Europe. Level A: Studies at country level – Italy*. Water Research Institute – N.R.C. for ICWS, The Netherlands. Rome 10 March 1997.

WTTC, 2000. *TSA Research Summary and Highlights*. World Travel and Tourism Council. [www.wttc.org](http://www.wttc.org)